© DOMINIQUE PASQUET - CREATIVE COMMON / BENJAMINT444

SCIENCES ET AVENIR
Sciencesetavenir.fr
Exemplaire lekiosk

Les animaux infidèles p.54

la vérité sur le cholestérol

- La nouvelle molécule qui révolutionne les soins p.26

SEPTEMBRE 2013 - N° 799 - 4 €

VOITURE ÉLECTRIQUE FRANÇAISE

RENAULT ZOE. SIMPLEMENT RÉVOLUTIONNAIRE.
100 % ÉLECTRIQUE, 0 BRUIT(1), 0 ÉMISSION(2)

(1) Zéro bruit moteur. (2) À l'usage (hors pièces d'usure). * Le futur.

RENAULT ZOE

THE FUTURE* - VERSION FRANÇAISE

CHANGEONS DE VIE
CHANGEONS L'AUTOMOBILE

RENAULT

Et si vous choisissiez la stabilité du long terme plutôt que la fragilité du court terme ?

Quand une banque partage les valeurs de ses Sociétaires, leur confiance est réciproque et durable. Depuis 60 ans, la CASDEN s'engage, au quotidien, à leurs côtés afin qu'ils réalisent leurs projets en toute sécurité et aux meilleures conditions. Être une banque coopérative, c'est protéger avant tout les intérêts de ses Sociétaires.

Rejoignez-nous sur **casden.fr** ou contactez-nous au **0826 824 400**
(0,15 € TTC/min en France métropolitaine)

BANQUE POPULAIRE

L'offre CASDEN est disponible en Délégations Départementales et également dans le Réseau Banque Populaire.

casden
BANQUE POPULAIRE

CASDEN, la banque coopérative de l'éducation, de la recherche et de la culture

CASDEN Banque Populaire - Société Anonyme Coopérative de Banque Populaire à capital variable – Siège social : 91 Cours des Roches – 77186 NOISIEL. Siret n° 784 275 778 00842. RCS Meaux. Immatriculation ORIAS n° 07 027 138. BPCE – 50 rue Pierre Mendès France – 75013 Paris – RCS 493 455 042.

● Avis de Tempête - Illustration : Killoffer

ÉDITO

Dominique Leglu
Directrice de la rédaction

Nouvelles pistes

Nous sommes des millions de Français à nous faire de la bile à son sujet. À noter que cette notion de bile — *chole* en grec, d'où le nom de cholestérol (1) — qui remonte à l'Antiquité et sa théorie des humeurs, ne guide plus les scientifiques du XXIe siècle ! À l'heure des microscopes électroniques et autres imageries IRM, ainsi que des essais cliniques sur des milliers de malades, il n'est plus de mise de raisonner de façon aussi rudimentaire. D'autant qu'en la matière, comme les plus récentes recherches le répètent à l'envi, rien n'est simple au royaume de cette molécule indispensable à notre corps, ses cellules et ses hormones.
Voilà pourquoi il nous a semblé important, à *Sciences et Avenir*, que nous fassions le point sur le cholestérol. Surtout après le livre choc du Pr Philippe Even (2), paru en début d'année, qui avait désarçonné bien des esprits. Il y était en effet affirmé que cette graisse n'était pour rien dans les maladies artérielles (infarctus, accidents vasculaires cérébraux...) et il dénonçait la prescription massive et inutile, selon lui, des statines, molécules qui bloquent sa synthèse (3). Ce à quoi n'avaient pas manqué de réagir fortement la Fédération française de cardiologie et nombre de ses membres, redoutant que les malades, désorientés, n'abandonnent brutalement leur traitement ainsi que de bonnes habitudes. Suivant leur exemple, *Sciences et Avenir* ne manque pas de rappeler ici quelques principes de base : conserver un régime alimentaire adéquat, où fruits, légumes et huile d'olive demeurent en bonne place, ne peut faire que du bien ; une activité physique régulière permet de combattre les méfaits de la sédentarité, ce qui est recommandé... Tout cela n'est pas nouveau. Ce qui l'est, et que notre enquête met en exergue, pourrait se résumer ainsi : il est temps d'abandonner les vieilles nomenclatures, trop simplistes elles aussi, de « bon » et de « mauvais » cholestérol ! Attention, il ne s'agit pas d'une coquetterie langagière de journaliste. Les nouveaux médicaments qui sont actuellement en phase d'essais cliniques le révèlent. Pour le faire bien comprendre, nous nous sommes risqués à une audacieuse métaphore que file notre dossier — celle du camion et de son chargement. Aujourd'hui, c'est moins sur le cholestérol (le chargement) que se focalisent les travaux des spécialistes que sur les deux types de protéines complexes qui le transportent dans le sang — deux types de camions. Ce sont ces derniers que les futurs traitements ciblent et que mesureront demain les analyses prescrites par les médecins. Soit pour diminuer le nombre de camions du premier type — qui enflamment les parois des vaisseaux et favorisent les bouchons. Soit pour multiplier les camions de deuxième type — qui transportent le cholestérol des artères vers le foie — et les faire mieux rouler. Une révolution en perspective.

(1) L'autre moitié du mot, « stérol », vient aussi du grec et signifie solide.
(2) *La Vérité sur le cholestérol*, Le Cherche Midi, février 2013.
(3) Lire aussi *S. et A.* n° 794, avril 2013, p. 75 « Polémique sur le cholestérol. Les statines, médicaments contestés ».

SCIENCES ET AVENIR

33, rue Vivienne 75083 Paris Cedex 02
Tél. : - 01.55.35.56.00. Fax : - 01.55.35.56.04
E-mail : redaction@sciencesetavenir.fr - Site Internet : sciencesetavenir.fr

Directrice de la rédaction
Dominique LEGLU - 01.55.35.56.02
assistée de Valérie PELLETIER - 01.55.35.56.01

Rédacteurs en chef
Carole CHATELAIN (mensuel) - 01.55.35.56.57
Aline KINER (hors-série) - 01.55.35.56.42
Olivier LASCAR (pôle digital) - 01.55.35.56.15

Adjoint à la rédaction en chef
Laurent PERICONE (édition) - 01.55.35.56.10

Rédactrice en chef adjointe
Andreina DE BEI
(photo-iconographie) - 01.55.35.56.31

Direction artistique
Thierry VERRET (conception)
Dominique PASQUET
(couverture) - 01.44.88.35.51
Yves CLAVEL
(directeur artistique) - 01.55.35.56.22
Thalia STANLEY
(directrice artistique adjointe) - 01.55.35.56.21

Secrétaire générale de rédaction
Véronique MESSAGER - 01.55.35.56.18

Chefs de service
Rachel MULOT (enquêtes) - 01.55.35.56.07
Mathieu NOWAK (actualités, rendez-vous) - 01.55.35.56.38

Adjoint au chef de service
Hervé RATEL (actualités) - 01.55.35.56.45

Chefs de rubrique
Azar KHALATBARI (fondamental, sciences de la Terre) - 01.55.35.56.46
Sylvie RIOU-MILLIOT
(médecine, santé) - 01.55.35.56.54

Rédaction
Bernadette ARNAUD grand reporter (archéologie, histoire) - 01.55.35.56.44
Marc GOZLAN (médecine bio, généraliste) - 01.55.35.56.60
Olivier HERTEL (technologie, futur, décryptage) - 01.55.35.56.03
Cécile MICHAUT
(chimie, nouveaux matériaux) - 01.55.35.56.27
Sylvie ROUAT
(espace, océanologie) - 01.55.35.56.40
Elena SENDER grand reporter
(biologie, neurosciences) - 01.55.35.56.43

Collaborateurs
Guillaume CANNAT, Loïc CHAUVEAU, Marie-Noëlle DELABY, Pierre MIQUEL, Henri-Pierre PENEL

Ont participé à ce numéro
O. AUBRÉE, M. CHABALIER, G. DEBOUTTE, A. DEVILLARD, F. GOUBET, L. PARRA CRAVIOTTO, H. JALINIÈRE, P. KALDY, F. LEROY, L. LOUMÉ, L. MURAINE

Secrétariat de rédaction
Frank MIETTON (1re secrétaire) - 01.55.35.56.17

Maquette
Horia BAHRI 01.55.35.56.19
Jean-Louis GILABERT 01.55.35.56.28

Photo-iconographie
Isabelle TIRANT 01.55.35.56.32

Illustration
Sylvie DAOUDAL 01.55.35.56.20
Betty LAFON 01.55.35.56.37

Photogravure
Karine HUET 01.55.35.56.25

Pôle digital
Stéphane DESMICHELLE
(chef de projet santé) - 01.5535.56.24
Damien HYPOLITE
(chef de projet infographie) - 01.55.35.56.23
Joël IGNASSE
(rédacteur spécialisé) - 01.55.35.56.15
Erwan LECOMTE
(chef de rubrique) - 01.5535.56.56

Documentation
Isabelle DO O'GOMES (chef de service) - 01.55.35.56.49
Astrid SAINT AUGUSTE 01.55.35.56.48

Fabrication
Xavier LOTH (directeur de la fabrication)
Stéphanie TERREAU (chef de fabrication)
Pierre LE SECH - 01.44.88.36.27

RENSEIGNEMENTS AUX LECTEURS, VENTE AU NUMÉRO
Isabelle RUDI-HOUET 01.55.35.56.50/56.30
33, rue Vivienne, 75002 Paris.
courrier-lecteurs@sciencesetavenir.fr

Informatique
Daniel DE LA REBERDIERE - 01.55.35.56.06

Comptabilité - Ressources humaines
Mélanie BENKHEDIMI - 01.55.35.56.14
Nathalie TRÉHIN - 01.55.35.56.13

ABONNEMENTS
Tél. : 01.40.26.86.11
142, rue Montmartre, 75103 Paris Cedex 02
abonnements@sciencesetavenir.fr
Tarif des abonnements :
France, 1 an simple (12 numéros) : 35 €. 1 an complet (12 numéros + 4 hors-séries) : 48 €. Tarifs pays étrangers sur demande.
Abonnements Belgique : Partner Press, tél. : 00.32.2.556.41.40 – www.viapresse.be

PUBLICITÉ
MediaObs. 44, rue Notre-Dame-des-Victoires 75002 Paris
Tél. : 01.44.88.97.70. Fax : - 01.44.88.97.79.
Courriel : l'initiale du prénom puis nom suivi de @mediaobs.com
Directrice générale
Corinne ROUGÉ - 01.44.88.93.70
assistée de Marie-Noëlle MAGGIE - 01.44.88.93.70
Directeur de publicité adjoint : Sylvain MORTREUIL - 01.44.88.97.75
Directrice de clientèle : Karine GROSSMAN - 01.44.88.89.08
Responsable Web : Amélie LE TALLEC - 01.44.88.89.02
Assistante commerciale : Séverine LECLERC - 01.44.88.97.57
Exécution : Nicolas NIRO - 01.44.88.89.26
Administration des ventes : Caroline HAHN - 01.44.88. 97.58

VENTES
Numéro vert (réservé aux diffuseurs de Paris et aux dépôts) **0.800. 24.69.33**

Directeur commercial
Jean-Claude ROSSIGNOL - 01.44.88.35.40
Directrice commerciale adjointe
Paule COUDERAT - 01.44.88.34.55
Directeur des ventes
Valéry SOURIEAU
Directeur des abonnements
Philippe MENAT - 01.44.88.35.02 assisté de Lina QUACH 34.54
Relations extérieures
France ROQUE - 01.44.88.35.79

Sciences et Avenir SAS
Président, Directeur de la publication :
Claude PERDRIEL
Multimédia : ID OBS, 10-12, place de la Bourse, 75002 Paris. Tél : - 01.44.88.34.34.
Imprimerie SEGO-Taverny. Distribution Presstalis.

OJD PRESSE PAYANTE Diffusion Certifiée 2012

Les noms et adresses de nos abonnés seront communiqués aux organismes liés contractuellement avec Sciences et Avenir, sauf opposition. Dans ce cas, la communication sera limitée au service de l'abonnement. Ce numéro comprend une enveloppe Pacha Tour, un encart Atlas et un catalogue Objets du mois jetés sur couverture et, en diffusion partielle des abonnés, une encart France Alzheimer et un message Nouvel Observateur. Commission paritaire n° 0615 K 79712. ISSN 00368636. Distribué par Presstalis.

Mondes Inconnus

LA NUIT DES CHERCHEURS

27 SEPTEMBRE 2013

www.nuitdeschercheurs-france.eu

http://www.facebook.com/nuitchercheurs
@nuitchercheurs - #ndch2013

Création : Comme Un Soleil

BURGER / PHANIE

SOMMAIRE

Sciences et Avenir / N° 799 / Septembre 2013

DOSSIER P. 26

La vérité sur le cholestérol

Les chercheurs multiplient les avancées dans la lutte contre l'excès de cholestérol, cette graisse indispensable à notre organisme, mais qui peut encrasser les parois des artères.

5 Édito par Dominique Leglu
9 Courrier

ÉVÉNEMENT
10 Climat : le doute n'est plus de mise

SCIENCES FONDAMENTALES
14 ACTUALITÉS / La Terre vue de Saturne / Les photons sont (presque) éternels / Un vent galactique enfin pris sur le fait
36 Mars, planète graphique
40 Jean-Yves Le Gall, lanceur de poids
42 Les statistiques, un outil pour mesurer l'évolution du paysage
44 Le sursaut gamma, corne d'abondance de l'or ?
45 Sélection livres

HISTOIRE
16 ACTUALITÉS / Le plus vieux calendrier du monde est écossais / Des engrais utilisés avant l'âge du fer / Un mystérieux trésor viking
46 Quand le cheveu était roi
50 L'art fécond des premiers agriculteurs d'Europe
52 Les sacrifices très codés des Incas
53 Sélection livres et DVD

NATURE
20 ACTUALITÉS / Les orangs-outangs descendent des arbres / Le déclin des papillons implique celui d'autres espèces / Les zigzags neuronaux de la mouche
54 Sexe, mensonges et évolution
58 Fukushima débordé par les eaux radioactives
60 L'agriculture robotisée creuse son sillon
63 Sélection livres

SANTÉ
22 ACTUALITÉS / Un pacemaker pour faire baisser la tension artérielle / La lutte pour la survie démarre chez l'embryon / La mort visuelle d'un ver transparent
64 Virus géants : de véritables aliens !
68 Les algues à l'abordage de nos assiettes
70 Réussir sa pause déjeuner
73 Revue de presse
74 Une prise de sang pour diagnostiquer Alzheimer
75 Sélection livres

HIGH-TECH
24 ACTUALITÉS / Les plantes ont aussi leur robot / Le Wi-Fi détecte les mouvements / Une fausse dent pour mesurer l'activité buccale
76 La doublure numérique donne de la chair au virtuel
80 Hyperloop : voyage au sol à la vitesse du son
82 Diesel, la fin de l'usine à gaz ?
85 Sélection livres

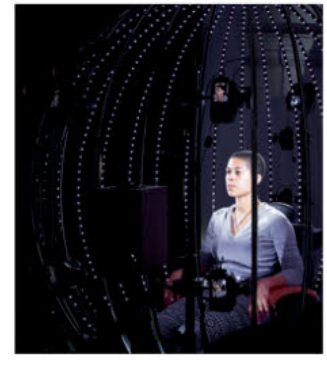
SCIENCE PRATIQUE
87 À l'épreuve des faits : les champs magnétiques pulsés
88 Comment la molécule dopante Aicar agit-elle sur l'organisme ?
90 Test : les mini-enceintes Bluetooth
94 L'observation du ciel de septembre
96 Rendez-vous
98 L'info en continu sur sciencesetavenir.fr

SUPERSTOCK/LEEMAGE

Des cheveux de rois découverts dans des sceaux. p. 46

MEHDI BENYEZZAR

À Fukushima, la menace des eaux radioactives. p. 58



GILLES GAMBIER

Des doublures numériques plus vraies que nature. p. 76

Jeep.fr

ATTENDEZ-VOUS À L'INATTENDU.

NOUVELLE JEEP® GRAND CHEROKEE. L'INNOVATION EST SANS LIMITE

Découvrez le Nouveau Grand Cherokee équipé de série(1) d'un radar qui observe en permanence les mouvements présents devant le véhicule. Ainsi, en cas de risque de collision, un système s'enclenche pour alerter le conducteur et optimiser le freinage du véhicule. Toutes les technologies de la nouvelle Jeep® Grand Cherokee avec sa nouvelle boîte automatique à 8 rapports vous apportent sécurité et confort quelles que soient les conditions.

Consommation mixte (l/100 km) moteur 3,0 l V6 CRD : 7,5. Émissions de CO_2 (g/km) : 198. (1) De série sur Overland et Summit.
I am Jeep® : « Je suis Jeep® ». Jeep® est une marque déposée de Chrysler Group LLC.

iam Jeep 00 800 0 426 5337 00 800 0 IAM JEEP

Suivez Jeep® sur la page facebook.com/JeepFrance

Jeep®

COURRIER

« Je suis stupéfait de voir que de futurs scientifiques font des recherches sur le vaisseau des Avengers et pensent que pour faire décoller ce rafiot de 500 000 t, il faudrait des turbines tournant à 324 tr/min plutôt que 258 tr/min comme les plus puissants hélicoptères [...] Ce sont des inepties de gugusses. »

Kevin Cardan (42)

NATAHAN SCHROEDER

Le vaisseau du film américain *Avengers* (*Sciences et Avenir* n° 798).

Courriels à : **redaction@sciencesetavenir.fr**

Les extraterrestres

(*Sciences et Avenir* n° 798, juillet 2013)

Les cerveaux de Boltzmann

JE VIENS DE LIRE L'ARTICLE sur les extraterrestres dans votre numéro d'août. Je suis étonné, pour ne pas dire choqué, que n'y soit même pas évoqué le plus célèbre, voire le premier « Boltzmann Brain » de la littérature, le fameux *Black Cloud* décrit par l'inventeur du terme « Big Bang », l'astrophysicien Fred Hoyle — il s'agit tout de même d'un roman publié en 1957 ! Sans parler de « Vanamonde », l'entité synthétique décrite par Arthur C. Clarke dans son roman *The City and the Stars* publié, lui, dès 1956. Bien que fictives, ces intelligences éthérées sont des exemples qui montrent que la notion de « Boltzmann Brain » n'est pas aussi récente que l'article le laisse supposer...

Pierre Szwarc (75)

S. et A. : Merci pour ces précisions. En effet nous aurions pu mentionner le roman de Fred Hoyle. Mais faute de place, nous avons privilégié l'explication du concept.

L'eau et l'ammoniac

Dans l'article du numéro d'août sur les autres combinaisons possibles du vivant, est abordée la possibilité de la vie dans le cadre du couple « silicium-ammoniac » mais il est dit que le sable rejeté lors des réactions chimiques n'est pas soluble dans l'eau. Ne doit-il pas plutôt être soluble dans l'ammoniac ?

Benjamin Benlulu (courriel)

S. et A. : En fait, une vie à base de silicium n'accepterait comme solvant ni l'eau ni l'ammoniac (c'est-à-dire une solution aqueuse d'ammoniac). On peut imaginer une vie basée sur le silicium (analogue du carbone) avec, comme solvant, de l'eau... ou de l'ammoniac, mais dans tous les cas, nous aurions des dépôts solides sous forme de sable (SiO_2) si cet organisme extraterrestre respire de l'oxygène comme nous.

Précision

Dans le n° 798 d'août, vous parlez d'un masque mortuaire de Napoléon I[er]. Vous citez François Aurommarchi. Il s'agit en réalité de François Antommarchi (1780-1838), médecin attaché à la personne de l'empereur à Sainte-Hélène.

Dominique Vignau (06)

Concours photos « panoramas extraterrestres »

Bravo à Jade Mietton pour sa photo. Dans le cadre de notre concours « panoramas extraterrestres » lancé dans le précédent numéro, elle vient en tête de la sélection de *Sciences et Avenir* parmi les images proposées. Une route mystérieuse, taillée dans le désert, menant à une « sky line » troglodyte. Le cliché de notre lectrice évoque irrésistiblement Tatooine, la planète des sables de *Star Wars* ou encore Arrakis, celle de la saga *Dune* ; elle a été prise au lac Abbé, à Djibouti, au printemps 2011. D'autres clichés de Jade sont à découvrir sur son site **(www.jade-mc-photos.fr)** Le diaporama du concours sur **sciav.fr/1avlagy**

JADE MIETTON

Climat : le doute n'est plus de mise

Les activités humaines affectent profondément les équilibres environnementaux de la planète, selon le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). L'Agence internationale de l'énergie (AIE) propose des pistes pour freiner le processus.

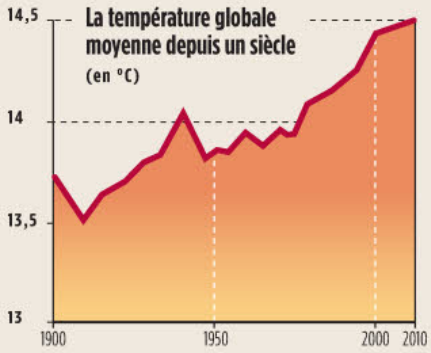
PAR
Loïc Chauveau

Cette fois, les derniers doutes sont levés : *« Les activités humaines sont en train d'affecter l'équilibre énergétique de la planète en changeant la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre et en modifiant l'occupation des sols. »* Pis, on commence à en mesurer les effets, notamment avec la fréquence croissante des pluies violentes. C'est ce que va affirmer avec force le cinquième rapport scientifique du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) le 23 septembre à Stockholm (Suède). Dans le jargon des climatologues, cela s'appelle passer des « probabilités » aux « certitudes ».

Le monde fait bien face à un événement climatique majeur — sans précédent à cette échelle — qui va bouleverser les conditions de vie des hommes au cours de ce siècle. Une seule urgence désormais : tenter coûte que coûte d'en atténuer les effets. C'est un des rares cas dans l'histoire de la science où les résultats d'études impliquent des choix politiques drastiques, c'est-à-dire des changements majeurs aussi bien dans les modes de vie individuels que dans le fonctionnement d'une économie globalisée. *« Adopter les conclusions du Giec, c'est accepter de réduire très fortement la combustion du gaz, du pétrole et du charbon qui sont majoritairement utilisés aujourd'hui pour produire des biens, chauffer les bâtiments et faire voyager marchandises et personnes »*, ne cesse de répéter le président de cette institution, l'Indien Rajendra Pachauri.

Dans leurs discours, la plupart des chefs d'État et de gouvernement se déclarent conscients du problème. Mais les paroles sont peu suivies d'effets. D'où la situation actuelle. Depuis le début de l'ère ▶

ALEX S. MACLEAN

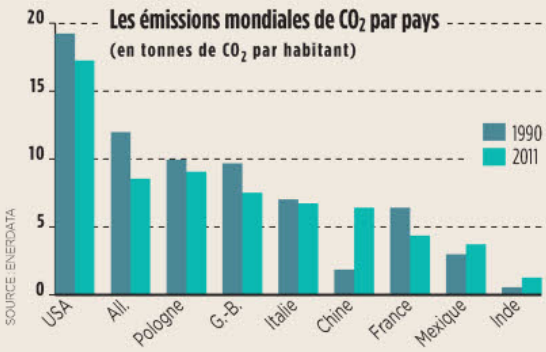


SOURCE : GIEC

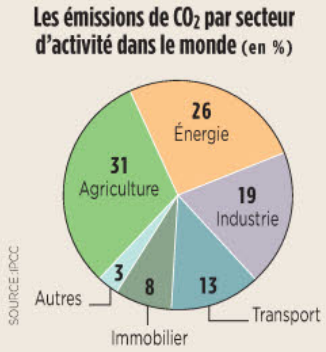
La température globale des terres et des océans a augmenté de 0,8 °C depuis 100 ans. Mais sur les 25 dernières années, la hausse a été la plus forte du siècle, soit 0,5 °C depuis 1979. Selon l'Agence internationale de l'énergie, la planète verra une augmentation des températures située entre 3,6 °C et 5,3 °C vers le milieu du siècle...

Sur la période 1945-2009, le niveau moyen des mers s'est élevé de 1,4 à 2 millimètres par an, et le mouvement s'est encore accéléré à partir de 1990 puisque les hausses annuelles se situent entre 2,7 et 3,7 mm/an. C'est l'une des conséquences de la fonte des calottes glaciaires des pôles et du Groenland.

Quartier de Las Vegas bâti en plein désert : les États-Unis demeurent le champion du monde des émissions de gaz à effet de serre par habitant.



La Chine est le principal émetteur de gaz à effet de serre dans le monde, avec plus de 7 milliards de tonnes de CO_2 (sur un total de 31,6 milliards en 2012). Ces émissions ont fortement augmenté en vingt ans. Cependant, rapportées à la population, les émissions chinoises se situent dans la moyenne des pays industrialisés, loin derrière celles des États-Unis.



Ce sont les activités liées à l'agriculture (au sens large, incluant aussi les forêts) qui caracolent en tête des secteurs les plus émissifs, talonnées par l'énergie mais loin devant les transports et l'industrie.

INFOGRAPHIES : S. DAOUDAL/B. LAFON

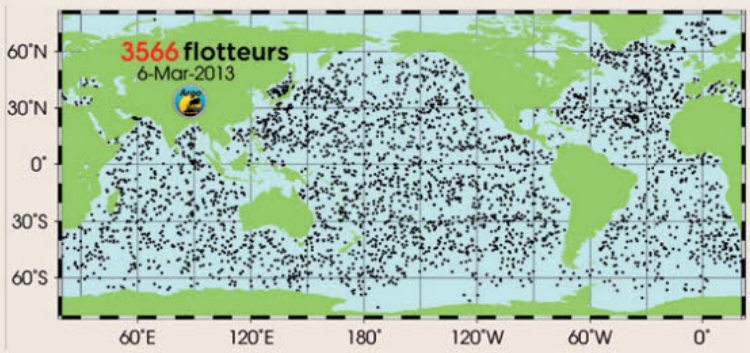
MODÉLISATION

Des outils de mesure de plus en plus nombreux et précis

OLIVIER DUGORNE/IFREMER

Le navire océanographique « Pourquoi pas ? » met une balise Argo à la mer.

Satellites, ballons pilotes, avions renifleurs, sondes radio, observatoires de nuages, lasers : la gamme des outils d'étude du climat s'élargit d'année en année, constituant le plus vaste système de surveillance de la planète. En 2005, l'achèvement du programme Argo d'observation des océans à partir de milliers de bouées appareillées a permis de réduire les incertitudes liées au fonctionnement de 70 % de la surface de la planète : *« Les systèmes de modélisation sont désormais nourris de données réelles sur la salinité, la température de l'eau, les courants et les grandes oscillations qui influent fortement sur le climat »*, se réjouit Lionel Terray (Cerfacs-Météo France). Les modèles provenant d'une trentaine de groupes issus d'une quinzaine de pays ont donc gagné en précision, et un programme international de comparaison de leurs résultats a même été mis en place. Les progrès de la modélisation autorisent désormais des prévisions décennales pour des régions du globe et non plus la planète entière. Ainsi, le CNRS et le Cerfacs ont estimé les changements climatiques à venir en France. Selon le scénario le plus sévère n'incluant aucune mesure d'atténuation, le réchauffement par rapport au climat présent serait de 3,8 °C en moyenne annuelle à la fin du XXIe siècle, plus fort en été (5,3 °C) qu'en hiver (3 °C). Sur la période 2020-2049, il serait de 1,4 °C (1,9 °C en été et 1,1 °C en hiver).



Les milliers de bouées du réseau Argo couvrent 70 % des océans.

industrielle, 365 milliards de tonnes de gaz à effet de serre (GES, soit CO_2, méthane, gaz industriels fluorés...) ont été émises par la combustion des énergies fossiles. Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), les émissions de GES se sont élevées en 2012 à 31,6 milliards de tonnes, soit une hausse de 1,4 % par rapport à 2011, record absolu dans l'histoire de l'humanité, qui sera immanquablement battu en 2013.

Depuis 3 millions d'années, l'atmosphère n'a jamais connu de telles teneurs en CO_2

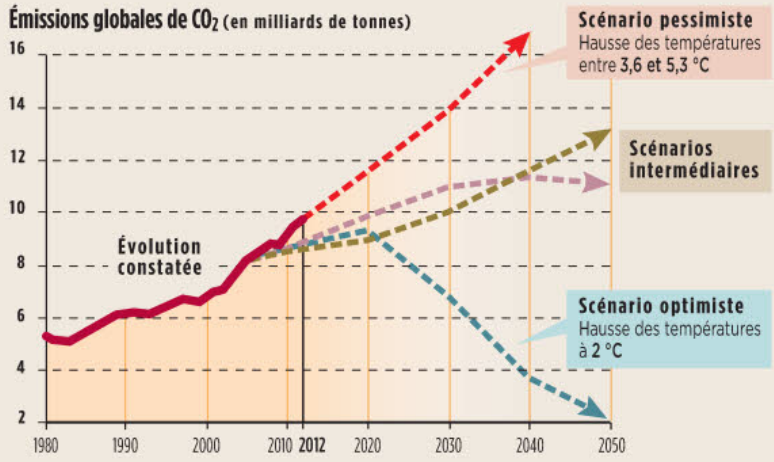
Et les conséquences s'enchaînent en cascade. Première d'entre elles, et non des moindres : la température globale des terres et des océans augmente. *« Cette hausse est acquise, et nous ne pouvons pas revenir en arrière »*, prévient le climatologue Hervé Le Treut, directeur de l'Institut Pierre-Simon-Laplace. Seconde certitude : les océans se réchauffent de plus en plus profondément. La raison : les mers absorbent 93 % de la chaleur émise en excès, contre 3 % pour la fonte des glaces, 3 % pour les sols et 1 % pour l'atmosphère. Troisième constat : partout, les glaces fondent, entraînant une élévation du niveau des mers. Conclusion : aucun des grands milieux naturels de la planète n'est épargné par des modifications profondes.

Quels en seront les effets ? Pour répondre à cette question, les scientifiques disposent d'une référence redoutable : le passé. La paléoclimatologie nous renseigne sur l'état de la Terre sous des atmosphères différentes. Le rapport du Giec de 2007 indiquait que la Terre n'avait jamais vécu une augmentation aussi rapide des gaz à effet de serre depuis 800 000 ans, ni supporté des teneurs aussi élevées. Celui de 2013 remonte plus loin, jusqu'à 3 millions d'années : *« Au pliocène, l'atmosphère contenait autour de 400 ppm* [partie par millions] *de CO_2, et il est donc tentant de faire la comparaison »*, note Valérie Masson-Delmotte, paléoclimatologue au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement (LSCE). Grâce à des carottages dans des sédiments marins, on a pu ainsi calculer qu'à cette époque, la température du globe était de 3 °C supérieure à celle d'aujourd'hui et les mers... dix mètres au-dessus du niveau actuel ! Ce qui laisse augurer des conséquences catastrophiques auxquelles l'humanité peut s'attendre, des pans entiers de littoral risquant d'être submergés.

Une autre conséquence redoutée commence à être mesurée : les perturbations du cycle de l'eau. Une atmosphère plus chaude, avec des eaux de surface des océans à température plus élevée, provoquerait des pluies moins nombreuses mais plus violentes, des cyclones et des sécheresses plus fré-

Les quatre scénarios du Giec à l'horizon 2050

Le Giec, à travers les propositions de l'AIE, développe quatre scénarios pour 2050. Sur les tendances actuelles, chaque mètre carré de Terre recevra 8 watts supplémentaires (moyenne mondiale de l'irradiation totale solaire : 1361 W/m²), provoquant une hausse des températures comprise entre 3,6 °C et 5,3 °C. Le Giec élabore deux scénarios intermédiaires à respectivement 6 et 4,5 W/m², tenant compte de la mise en œuvre de technologies propres. Seul le scénario à 3 W/m² permet d'obtenir une limitation à 2 °C. Il implique des changements importants dans les modes de vie et de consommation.



INFOGRAPHIE S. DAOUDAL/B. LAFON. SOURCE : GIEC/B. LAFON

quentes. L'équipe deSeung-Ki Min (Division de la recherche climatique, Environnement Canada) a été la première, en 2011, à affirmer un lien entre l'intensification des pluies violentes et les émissions humaines de gaz à effet de serre, des résultats basés sur une comparaison entre les relevés météo de la seconde moitié du XXe siècle et les prévisions des modèles climatiques. L'Organisation météorologique mondiale (OMM) note déjà une augmentation de 20 % du nombre de personnes touchées par un événement extrême entre la dernière décennie du XXe siècle et la première du XXIe.

La lutte contre le réchauffement en échec

Malgré dix-huit rencontres internationales depuis 1992 et la signature à Rio de Janeiro de la Convention sur le changement climatique, aucun succès notable dans la lutte contre le réchauffement n'a été enregistré. Adopté en 1997, le protocole de Kyoto, texte imposant des contraintes d'émissions aux pays riches, n'a pas été prolongé en 2012. Les termes du marchandage ne changent pas. Les pays en voie de développement estiment que les pays riches doivent faire le plus d'efforts du fait de leur responsabilité historique dans l'augmentation des gaz à effet de serre. Les pays développés estiment que les États connaissant une forte croissance doivent prendre leur part des sacrifices annoncés. Depuis l'échec des négociations de Copenhague en 2009, on procrastine. En 2011, à Durban, un calendrier a été adopté pour limiter la hausse des températures à 2 °C au cours du siècle. En 2015, à Paris, les États devront s'être entendus sur des engagements mondiaux et partagés de réduction des émissions à partir de... 2020 !

Les solutions existent pourtant. L'AIE a ainsi proposé en juin dernier quatre voies qui permettraient de limiter le réchauffement climatique à 2 °C en 2050. L'agence recommande d'investir dans les mesures d'économie d'énergie pour les bâtiments, l'industrie, les transports, de limiter la construction et l'utilisation de centrales thermiques au charbon et de promouvoir les énergies renouvelables, de réduire par deux les émissions de méthane par l'industrie du gaz et du pétrole et d'éliminer toutes les subventions qui favorisent l'usage des énergies fossiles.

Les remèdes de l'AIE sont ceux que la France est en train de discuter dans le débat national sur la transition énergétique, dont nous connaîtrons les conclusions le 20 septembre prochain. Si certaines mesures font consensus, comme l'isolation des bâtiments, d'autres sont plus difficiles à faire passer. Ainsi, la loi de finances 2014 devrait être l'occasion de passes d'armes entre adversaires et partisans de la fiscalité écologique, débat qui se focalise sur l'augmentation des taxes sur le gazole, mais pourrait aussi concerner le carburant défiscalisé dont bénéficient pêcheurs, transporteurs routiers, taxis ou encore agriculteurs.

Fin septembre, à Stockholm, le Giec réaffirmera son avis diffusé à Durban : il faut agir dès maintenant. Le cinquième rapport est parsemé d'une litanie de chiffres qui dessinent une planète à la fièvre galopante. Y est adjoint un « résumé » très clair destiné aux dirigeants de la planète. Nul ne pourra dire aux générations futures qu'il ne savait pas. ■

LE GIEC EN CHIFFRES

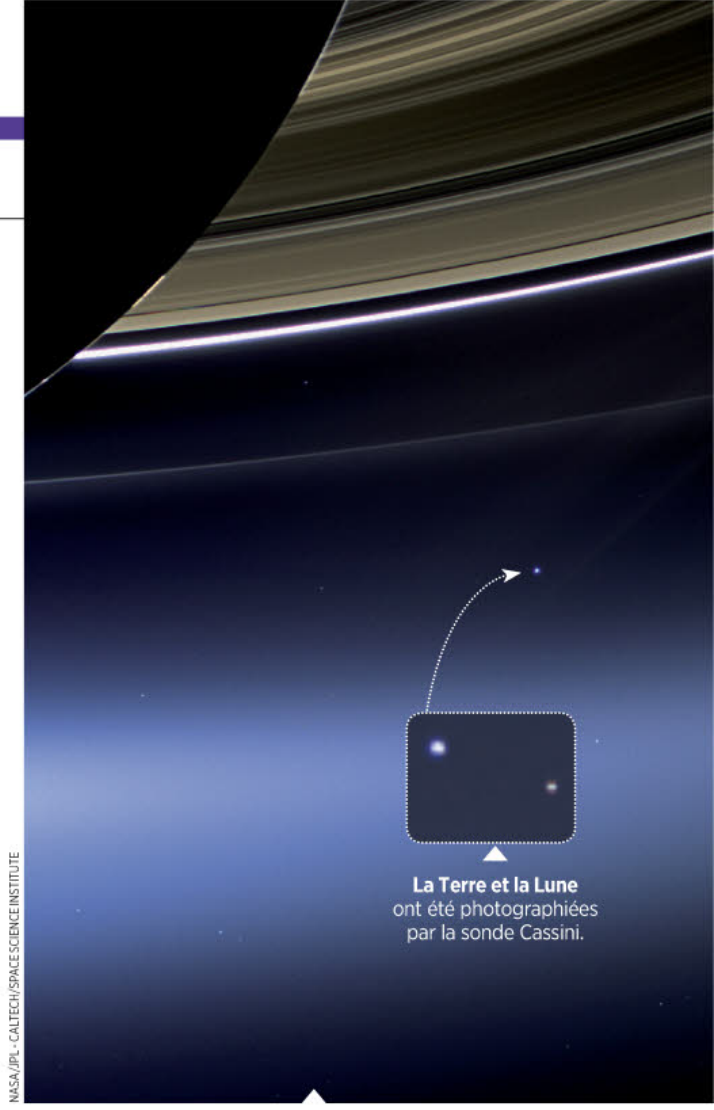
800
chercheurs
ont été mobilisés pour établir le 5e rapport du groupe de travail sur les sciences du climat du Giec.

31422
commentaires
ont été rédigés sur le texte proposé. Au total, le rapport compte 2014 pages et comporte 1250 schémas. Le « résumé aux décideurs » destiné aux chefs d'État a été réduit à 22 pages.

L'Agence internationale de l'énergie propose des solutions pour limiter la hausse des températures à 2 °C

Les photons sont (presque) éternels

PHYSIQUE Au moins un milliard de milliards d'années (10^{18} ans), soit cent millions de fois l'âge de l'Univers : c'est la durée de vie minimale d'un photon, affirme Julian Heeck, un physicien allemand travaillant à Heidelberg. Pour parvenir à ce résultat, il pose l'hypothèse — peu probable mais non exclue — que les grains de lumière ont une masse, estimée ici à 10^{-57} kg. Car en physique, qui a une masse ne peut être immortel : toute particule qui en est dotée finit par se désintégrer en particules plus légères. Julian Heeck a ensuite travaillé sur les données enregistrées par le satellite américain Cobe. Il a d'abord calculé le nombre de photons qu'a dû émettre le très jeune Univers, puis l'a comparé avec le nombre de photons de cette époque que nous recevons effectivement aujourd'hui. Quasiment aucun ne manque à l'appel ! Les grains de lumière ne se sont donc pas désintégrés pendant leur voyage de 13,7 milliards d'années. **A. Kh.**



NASA/JPL - CALTECH/SPACE SCIENCE INSTITUTE

La Terre et la Lune ont été photographiées par la sonde Cassini.

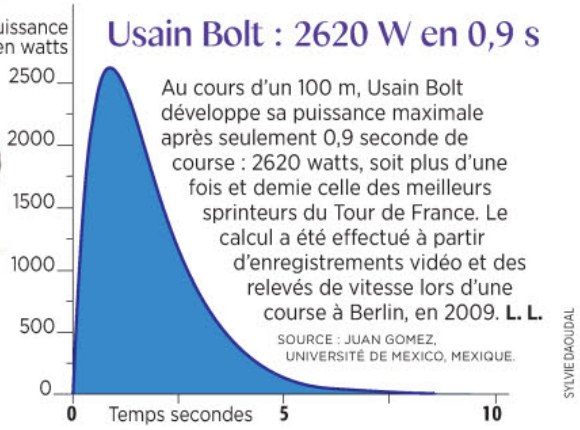
$1,380\,651\,569\,8 \times 10^{-23}$

Nouvelle mesure de la constante de Boltzmann, qui relie l'énergie des molécules à leur température. Ce nombre pourrait donner lieu à une nouvelle définition plus précise du kelvin, l'unité internationale de température, établie aujourd'hui par le point triple de l'eau, où la vapeur, l'eau liquide et la glace existent conjointement à 273,16 K. **C. M.**

SOURCE : MICHAEL DE PODESTA, NATIONAL PHYSICAL LABORATORY, ROYAUME-UNI.

PRESSE SPORTS

Usain Bolt : 2620 W en 0,9 s



Au cours d'un 100 m, Usain Bolt développe sa puissance maximale après seulement 0,9 seconde de course : 2620 watts, soit plus d'une fois et demie celle des meilleurs sprinteurs du Tour de France. Le calcul a été effectué à partir d'enregistrements vidéo et des relevés de vitesse lors d'une course à Berlin, en 2009. **L. L.**

SOURCE : JUAN GOMEZ, UNIVERSITÉ DE MEXICO, MEXIQUE.

SYLVIE DAOUDAL

La Terre vue de Saturne

Une sonde a réalisé cet été la première image du système Terre-Lune.

ASTRONOMIE La Terre, un minuscule point bleu *(flèche dans la photo)* sous l'anneau de la planète Saturne : cette image a été envoyée par la sonde Cassini le 19 juillet dernier lors de son survol de la planète aux anneaux. La Terre est distante de 1,4 milliard de kilomètres de l'objectif. Pour distinguer le détail des anneaux et la Terre en arrière-plan, il a fallu masquer la lumière de Saturne elle-même. En grossissant, on distingue aussi la Lune. **A. Kh.**

50 % D'HUMIDITÉ À L'INTÉRIEUR D'UN MATÉRIAU

CHIMIE Le carbonate de magnésium a détrôné la zéolithe comme champion d'absorption de l'humidité. Cette poudre blanche déjà bien connue des grimpeurs et des gymnastes doit être fabriquée selon un nouveau procédé sans chauffage. Elle acquiert alors une porosité inédite, et une capacité hygroscopique record. **P. K.**

SOURCE : JOHAN FORSGREN, UNIVERSITÉ D'UPPSALA, SUÈDE

Un labo pour être en forme sur Mars

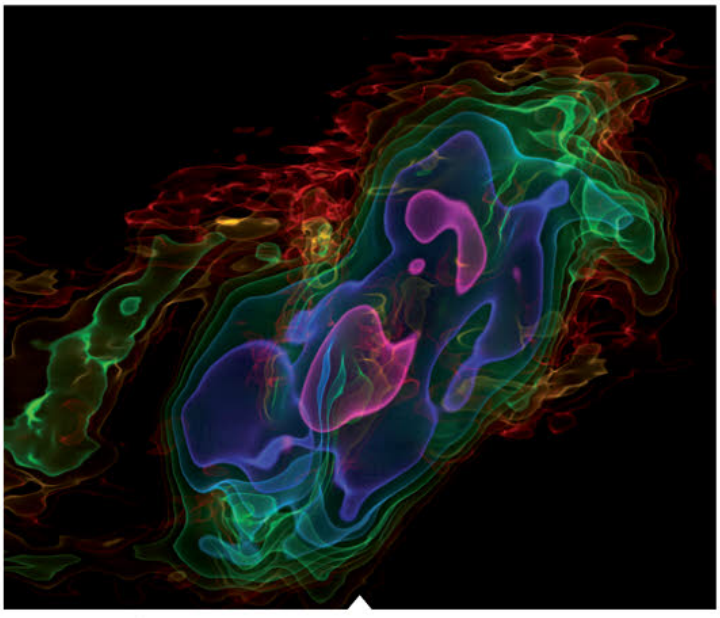
ESPACE L'Institut de médecine aérospatiale vient d'inaugurer l'Envihab, un centre de recherche high-tech à Cologne, en Allemagne, pour analyser les effets d'un vol de longue durée vers Mars. Il est équipé d'une centrifugeuse dans laquelle une douzaine de volontaires passeront deux mois en position allongée dans des conditions de pesanteur changeantes, scrutés par une caméra et un scanner. **G. D.**

DLR, CC-BY

Un vent galactique enfin pris sur le fait

Cette expulsion de matière a été saisie par le radiotélescope Alma au Chili.

ASTROPHYSIQUE Voici la première image d'un « vent galactique » à l'état de molécules. Elle a été reconstituée par le tout nouveau radiotélescope Alma, installé dans le désert d'Atacama au Chili. On y voit la matière expulsée par la galaxie du Sculpteur (NGC 253), située à 11 millions d'années-lumière de nous. Concrètement, il s'agit d'un gaz froid et dense de monoxyde de carbone (CO), très concentré au centre (en rouge-violet), et se diluant en s'éloignant (jusqu'au rouge). Ces « vents galactiques » sont expulsés à des vitesses de l'ordre de quelques centaines de milliers de kilomètres par heure. Ils représentent chaque année l'équivalent de dix fois la masse du Soleil, que la galaxie perd au détriment de la formation de nouvelles étoiles. **A. Kh.**



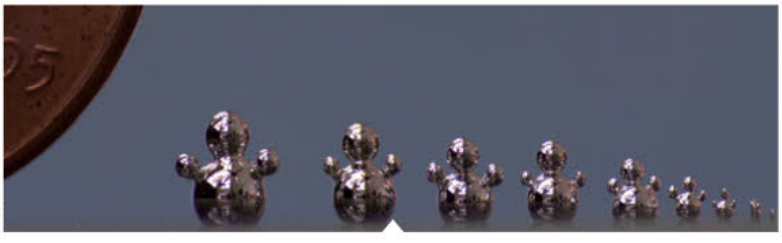
ALMA (ESO/NAOJ/NRAO)/ERIK ROSOLOWSKY

Le gaz expulsé par la galaxie est représenté en couleurs en fonction de sa densité.

L'impression 3D s'attaque aux métaux

MATÉRIAUX Après l'impression 3D de plastiques, voici l'impression 3D d'alliages métalliques. Une réalisation inédite jusqu'ici avec un matériau liquide à température ambiante, un alliage de gallium et d'étain. Une fois les gouttelettes libérées par l'imprimante, elles se retrouvent au contact de l'air et se recouvrent très rapidement d'une couche d'oxyde métallique. Celle-ci maintient leur forme sphérique. On peut empiler les gouttelettes et former ainsi des structures complexes et flexibles. À l'avenir, cette approche pourrait être mise à profit pour fabriquer facilement des connexions dans des circuits électroniques. **C. M.**

SOURCE : COLLIN LADD, UNIVERSITÉ DE CAROLINE DU NORD, ÉTATS-UNIS.



COLLIN LADD.

Le procédé permet d'obtenir des structures complexes en 3D de petite taille.

LES SÉISMES, CONTRIBUTEURS DU RÉCHAUFFEMENT

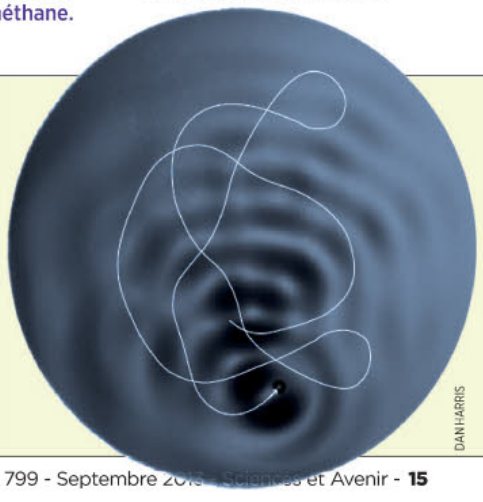
GÉOCHIMIE Des décennies après un grand séisme, le plancher océanique expulse toujours du méthane (CH_4), un puissant gaz à effet de serre à l'impact important sur les prévisions climatiques. L'équipe allemande à l'origine de ce constat inattendu effectuait une campagne de prélèvements de sédiments au large du Pakistan. L'examen des échantillons a révélé l'absence de la couche d'hydrate de méthane. Selon les scientifiques, ce serait la conséquence du grand séisme de 1945 d'une magnitude de 8,1 qui a eu lieu dans la région : il aurait provoqué un dégazage toujours en cours. Les chercheurs estiment qu'au large de la mer d'Oman 7,4 millions de mètres cubes de méthane ont été libérés. Il est probable qu'un même phénomène se soit produit dans d'autres endroits du globe. **A. Kh.**

SOURCE : DAVID FISCHER, UNIVERSITÉ DE BRÊME, ALLEMAGNE.

LES GOUTTES D'EAU NE VONT PAS N'IMPORTE OÙ

PHYSIQUE Pour la première fois, la trajectoire d'une goutte d'eau tombée dans un récipient a été visualisée. À première vue, elle semble aléatoire. Il n'en est rien : elle répond à des modèles statistiques précis. Imitant le mouvement des électrons, la goutte de fluide rebondit dans un espace circulaire (le « corral ») en fonction de la longueur d'onde de la vague provoquée par sa chute. Ces observations confirment une théorie formulée en 1927 par Louis de Broglie selon laquelle le déplacement d'une particule dépend de l'onde qui l'accompagne. **H. J.**

SOURCE : DANIEL HARRIS, MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY, ÉTATS-UNIS.



DAN HARRIS

RETOUR SUR...

Le singe qui ne tenait pas debout

LIONEL BRET / LOOKATSCIENCES

Une vision idéalisée de l'oréopithèque.

En 1997, *Sciences et Avenir* célébrait le plus vieux bipède au monde comme étant européen ; las, ce singe ne marchait pas sur ses deux pattes ! Le réexamen des ossements d'*Oreopithecus bamboli*, un singe fossile de Toscane vieux de 8 millions d'années, a conduit à revoir les travaux de paléontologues espagnols selon lesquels l'animal était doté de pieds *« formant un levier idéal pour la marche »*. Malgré sa jolie courbure (une lordose chez les humains), la colonne vertébrale ne lui permettait pas de marcher debout sur de longues distances. **R. M.**

SOURCE : GABRIELLE RUSSO, UNIVERSITÉ DU TEXAS, ÉTATS-UNIS.

Sur une monnaie, Antoine et Cléopâtre

ANTIQUITÉ Une pièce de monnaie en bronze représentant le visage de Cléopâtre sur une face et celle de Marc-Antoine sur l'autre vient d'être retrouvée dans une maison du Ier siècle de notre ère sur le site de Tel Bethsaida, en Israël. Selon le quotidien *Haaretz*, la monnaie aurait été frappée en l'honneur de la victoire de Marc-Antoine sur les Parthes, en 35 av. J.-C. Seules six monnaies comportant les visages de ces amants célèbres sont connues à ce jour. **B. A.**

Ce lion a récupéré sa tête

H. JENSEN / UNIVERSITY OF TÜBINGEN

PRÉHISTOIRE 80 ans après sa découverte, une figurine vieille de 35 000 à 40 000 ans, représentant un lion des cavernes, a retrouvé sa tête ! L'animal, taillé dans de l'ivoire de mammouth, avait été mis au jour dans la grotte de Vogelherd, en Allemagne, en 1931. L'objet a rejoint la collection de statuettes figuratives exhumées dans des grottes du Jura souabe — les plus anciennes réalisations humaines connues du paléolithique européen. **B. A.**

La statuette en ivoire a été reconstituée.

IAN CARTWRIGHT / UNIVERSITY OF OXFORD

Épi d'orge fossile trouvé en Allemagne. Son niveau d'azote est particulièrement élevé.

Des engrais avant l'âge du fer

Les premiers agriculteurs européens savaient déjà enrichir la terre.

NÉOLITHIQUE Il y a 8 000 ans, les tout premiers agriculteurs arrivés en Europe, nouveaux sédentaires, fertilisaient déjà les sols avec des engrais. Une découverte loin d'être anodine, puisqu'elle fait débuter ces pratiques agricoles des milliers d'années avant l'âge du fer et l'époque romaine, périodes auxquelles on les associait jusque-là. Des niveaux élevés d'azote 15, un isotope stable, abondant dans le fumier, ont été identifiés dans des restes de céréales et de légumineuses carbonisés (blé, orge, pois et lentilles) retrouvés sur treize sites néolithiques européens occupés entre -7 900 et -4 400 ans. Pour Amy Bogaard, archéobotaniste à l'université d'Oxford (Angleterre), l'auteure principale de l'étude, *« ces résultats jettent une lumière nouvelle sur le comportement des premiers agriculteurs, car ils prouvent des investissements à long terme dans la gestion des terres arables »*. L'épandage de fumier, matière organique issue des déjections animales (bœufs, cochons, ovins, caprins), contribue par sa richesse en azote au maintien de la fertilité des sols agricoles. Pour les chercheurs, cet engagement sur la durée dans l'enrichissement de la terre aurait conduit à des transformations sociales importantes en favorisant l'émergence des notions de propriété foncière et de transmission de la terre. **B. A.**

Des morses dans un cimetière anglais

THANATOLOGIE Parmi les corps de victimes des épidémies de choléra du XIXe siècle enterrés dans l'ancien cimetière londonien de l'église Saint-Pancras, des archéologues ont eu la surprise de découvrir, dans un cercueil, des ossements de morses du Pacifique mêlés aux restes de huit individus ! L'animal, peu connu à l'époque, aurait pu faire l'objet d'une dissection. Quant à l'assemblage macabre, il reste inexpliqué, les chercheurs n'excluant pas qu'il soit le fait de facétieux étudiants en médecine. **B. A.**

OLE KASTHOLM / ROSKILDE MUSEUM

Broche viking en or découverte au Danemark.

Un mystérieux trésor viking

ARCHÉOLOGIE Des bijoux vikings ont été mis au jour dans les ruines d'une ferme du VIIe siècle sur l'île de Seeland, au Danemark. En particulier cette broche rehaussée d'une croix. Les chercheurs aimeraient comprendre pourquoi cet humble lieu est si riche. « *La réponse se dissimule peut-être dans les légendes qui situent à quelques kilomètres le siège de la première dynastie danoise des Scylding* », estime Tom Christensen, du musée de Roskilde. **B. A.**

www.citroen.fr

CITROËN préfère TOTAL

LE TECHNO SPACE

7 PLACES

VISION 360 | PARE-BRISE PANORAMIQUE | COMMANDES TACTILES | SERVICES CONNECTÉS [3]

NOUVEAU **CITROËN GRAND C4 PICASSO** e-HDi 115

À PARTIR DE **269 € / MOIS** [1] **ENTRETIEN 4 ANS INCLUS**

APRÈS UN 1ER LOYER DE 6 100 € EN LOCATION LONGUE DURÉE DE 48 MOIS ET 40 000 KM SOUS CONDITION DE REPRISE.

Automobiles CITROËN : RCS Paris 642 050 199

NOUVEAU CITROËN GRAND C4 PICASSO

Le Nouveau Citroën Grand C4 Picasso, le Technospace, révolutionne l'univers des monospaces et met le meilleur de la technologie au service de votre bien-être. Ouvert sur le monde, le Nouveau Citroën Grand C4 Picasso offre un espace intérieur encore plus spacieux et propose 7 vraies places confortables, baignées de lumière grâce à son pare-brise panoramique. Sa tablette tactile 7'', qui commande toutes les fonctions du véhicule, son écran panoramique 12'' HD personnalisable [2] et ses technologies embarquées, vous permettent de rester connecté en toutes circonstances. Grâce à sa nouvelle conception technologique, profitez de sensations de conduite inégalées tout en maîtrisant votre consommation et vos émissions de CO_2*. Vous parcourez le monde en toute sérénité et le monde entre dans votre voiture.

CRÉATIVE TECHNOLOGIE

CITROËN

Modèle présenté : Nouveau Citroën Grand C4 Picasso THP 155 Exclusive avec options peinture métallisée, toit vitré panoramique, vision 360 et lave-projecteurs, projecteurs directionnels Xénon bi-fonction et jantes alliage 18'' (LLD entretien inclus sur 48 mois et 40 000 km : 47 loyers de 419 €, après un 1er loyer de 7 700 €, sous condition de reprise). (1) Exemple pour la LLD sur 48 mois et 40 000 km d'un Nouveau Citroën Grand C4 Picasso e-HDi 115 BVM6 Attraction neuf, hors option ; soit 47 loyers de 269 €, après un 1er loyer de 6 100 € ; sous condition de reprise d'un véhicule d'occasion quel que soit son âge ; contrat d'entretien 4 ans inclus, au prix de 21 €/mois pour 48 mois et 40 000 km (au 1er des 2 termes échu), comprenant l'entretien périodique et l'assistance du véhicule 24 h / 24 et 7 j / 7 (conditions générales du contrat d'entretien disponibles dans le réseau Citroën). Montants TTC et hors prestations facultatives. Offre réservée aux particuliers, valable jusqu'au 30/09/13, dans le réseau Citroën participant, et sous réserve d'acceptation du dossier par CREDIPAR /Citroën Financement, locataire-gérant de CLV, SA au capital de 107 300 016 €, n° 317 425 981 RCS Nanterre, 12, avenue André-Malraux, 92300 Levallois-Perret. (2) Équipement de série ou non disponible selon versions. (3) Voir conditions en point de vente.

*** CONSOMMATIONS MIXTES ET ÉMISSIONS DE CO_2 DE NOUVEAU CITROËN GRAND C4 PICASSO : DE 3,8 À 6,3 L/100 KM ET DE 98 À 145 G/KM.**

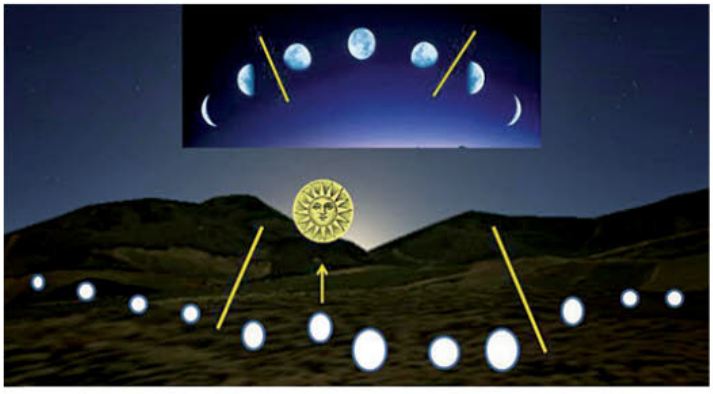
EN BREF

RESTAURATION AU LOUVRE. *La Victoire de Samothrace* part en restauration le 3 septembre. Retour prévu à l'été 2014.

ARCHÉOLOGIE HIGH-TECH. La construction de l'Institut photonique d'analyse non destructive européen des matériaux anciens (Ipanema) s'achève à Gif-sur-Yvette (Essonne). Il abritera des équipements de pointe destinés à l'archéologie et à la paléontologie.

Le plus vieux calendrier du monde est écossais

Douze puits creusés à flanc de colline auraient permis de suivre les différentes phases de la Lune.



UNIVERSITY OF BIRMINGHAM

ARCHÉOLOGIE Un alignement énigmatique de fosses découvert au nord-est de l'Écosse, dans la vallée de la Dee à Warren Fields, pourrait représenter les vestiges du plus ancien calendrier lunaire du monde. Creusés il y a environ 10 000 ans par des chasseurs-cueilleurs du mésolithique, douze puits ponctuent un arc d'une cinquantaine de mètres de long. Ces emplacements, peut-être matérialisés à l'époque par des poteaux en bois, auraient permis de suivre les phases lunaires : Lune croissante, Lune gibbeuse, pleine Lune et Lune décroissante (*voir l'illustration*). Au centre, une fosse de 2 mètres de diamètre marquerait la pleine Lune alors qu'une dépression située dans l'axe d'un vallonnement indiquerait le lever du Soleil au solstice d'hiver. *« Cette volonté de mesurer le temps s'est manifestée en Grande-Bretagne 5 000 ans avant les premiers calendriers mésopotamiens de l'âge du bronze »*, a déclaré l'archéologue Vince Gaffney, de l'université de Birmingham, responsable des recherches. Selon les scientifiques, ce complexe aurait été utilisé pendant près de 4 000 ans. Il permettait sans doute aux chasseurs-cueilleurs de mieux connaître la disponibilité des ressources alimentaires en fonction des saisons. **B. A.**

CHARLES MURRAY

Les fosses mises au jour, alignées par rapport au Soleil, matérialisaient les lunaisons.

La tortue aspirateur

ZOOLOGIE Surprenant crâne fossile d'une tortue marine géante mise au jour au Maroc : le reptile présentait un long museau tubulaire ossifié, inédit chez les tétrapodes. Dépourvu de dents, il se nourrissait par aspiration de ses proies. Les yeux et les narines tournés vers le haut, la tortue devait évoluer à la manière d'un crocodile dans la mer peu profonde qui baignait le pays à la fin du crétacé. **P. K.**

SOURCE : NATHALIE BARDET, MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE.

BARDET ET AL., 2013

Un long museau inédit chez les tétrapodes.

ADS/UNIVERSITY OF YORK

Près de la moitié des sous-marins allemands (ici le U86) ont été coulés.

Des sous-marins de la Première Guerre retrouvés

ÉPAVES Avec la mer pour linceul, quarante et un sous-marins allemands coulés lors de la Première Guerre mondiale ont été retrouvés par des archéologues britanniques au large des côtes du Suffolk, en Angleterre. *« Le fait que des sous-marins aient été utilisés dès 1914 a totalement disparu de la mémoire collective »*, raconte Mark Dunkley, auteur des découvertes. Trois bâtiments britanniques gisent aussi à leurs côtés. Sur les 380 sous-marins de la marine allemande produits sous Guillaume II, 187 ont été perdus. Tous coulés avec leurs équipages. N'ayant pas atteint l'âge de cent ans, ces épaves ne sont pas protégées par la législation du patrimoine. **B. A.**

1500 LINGOTS D'ARGENT REMONTÉS PAR ODYSSEY MARINE EXPLORATION.

Elle en rêvait ; elle l'a fait : la compagnie américaine vient de remonter 56 tonnes du métal précieux de l'épave du *SS Gairsoppa*, paquebot britannique coulé par 4 700 m de fonds en 1941. L'argent provenait des Indes et était destiné à soutenir l'effort de guerre britannique. **B. A.**

ODYSSEY MARINE EXPLORATION, INC.

DRÔLE D'HALLOWEEN

DU 5 AU 31 OCTOBRE

JUSQU'À **-40%** SUR VOTRE SÉJOUR* RÉSERVEZ AVANT LE 30 SEPTEMBRE

ET LE SÉJOUR EST GRATUIT POUR LES -7 ANS**

*Arrivées jusqu'au 02.04.2014, sauf du 20 au 24.10.2013 et à certaines autres dates. Offre valable dans au moins un hôtel par date d'arrivée. Durées de séjour spécifiques à certaines dates d'arrivée. ** 1 forfait adulte acheté = le même forfait offert aux -7 ans. Offres soumises à conditions. Contactez nous pour plus d'informations.

Disneyland® PARIS

N° Indigo 0 825 820 820 0,15 € TTC/min

disneylandparis.com

agences de voyages

©Disney. Euro Disney Vacances S.A.S. - Siren 383 850 278 - RCS MEAUX - Capital Social 152 450 €
IM077100080. Licences E.S. n° 1-1021082 ; 2-1021084 et 3-1021083

BRENT LOKEN / SIMON FRASER UNIVERSITY

Des caméras placées au sol ont permis d'enregistrer l'intense activité terrestre déployée par les singes, réputés vivre surtout dans les arbres.

Les orangs-outangs descendent des arbres

Ils passent beaucoup de temps au sol pour se nourrir et se déplacer.

PRIMATOLOGIE On les pensait essentiellement arboricoles, les orangs-outangs passent en fait beaucoup de temps au sol pour se nourrir et se déplacer. Cette découverte a été faite par une équipe de l'université du Wisconsin (États-Unis) grâce à des caméras placées au sol. Celles-ci semblent plus efficaces que la présence d'observateurs qui incite les singes à rester dans les arbres ! Voir les orangs-outangs descendre est une bonne nouvelle : cela signifie qu'ils peuvent se déplacer et donc probablement s'adapter mieux que prévu à la destruction de leur habitat forestier. Leurs forêts du Sud-Est asiatique étant brûlées pour planter des palmiers à huile, les *Pongo pygmeus* ont de moins en moins de possibilité de retraite. De précédentes observations avaient montré que les petits orangs-outangs orphelins doivent être aidés pour monter aux arbres. L'éducation est donc une phase essentielle d'apprentissage pour eux. D'autres caméras ont montré en juillet aux États-Unis que ces primates sont capables en captivité de nager grâce à des mouvements de jambe similaires à ceux de la brasse chez les humains. **L. C. et R. M.**

APPEL AUX DONS

J.FITTE / LE MIDI LIBRE / MAXPPP

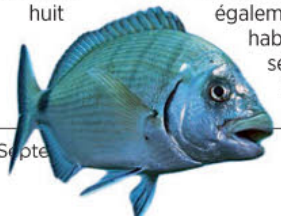
DES PLATANES POUR LE CANAL DU MIDI

PATRIMOINE Il faudra 200 millions d'euros pour sauver l'ombrage et restaurer la solidité des berges du canal du Midi. C'est que les 42 000 platanes bordant les 240 kilomètres entre Toulouse et l'étang de Thau sont en train de mourir, atteints par un champignon microscopique, le chancre coloré, une maladie incurable. Aussi Voies navigables de France (VNF), l'organisme gestionnaire de ce site inscrit au Patrimoine mondial de l'Unesco, doit-elle reconstituer 90 % des alignements. Pendant les dix prochaines années, une dizaine d'espèces vont être testées. Du platane résistant au tilleul argenté, en passant par le pacanier ou le copalme d'Orient. Un appel de fonds auprès des citoyens a été lancé pour compléter l'effort déjà entrepris par VNF. **L. C.**
www.replantonslecanaldumidi.fr/fr

Les sars chassent la nuit

ICHTYOLOGIE Les sars (des poissons communs en Atlantique et de Méditerranée) des récifs artificiels (épaves, fondations des digues...) n'ont pas le même mode de vie que ceux qui peuplent les récifs naturels : les premiers sont actifs la nuit alors que les seconds se montrent surtout le jour. Une découverte fruit de l'observation des poissons en Méditerranée durant huit mois. « *Nous sommes encore au niveau de l'hypothèse, mais il s'agit sûrement d'une stratégie pour éviter la compétition* », note Philippe Lenfant, de l'université de Perpignan. En effet, la densité de poissons est plus importante dans les récifs artificiels, du fait de leur superficie réduite par rapport aux milieux naturels. Sortir de nuit permettrait aux sars d'éviter les prédateurs. Ils ont également pu changer leurs habitudes alimentaires pour se nourrir d'invertébrés nocturnes. **M. C.**

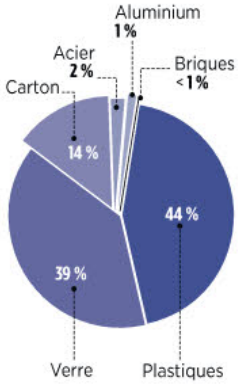
BIOSPHOTO



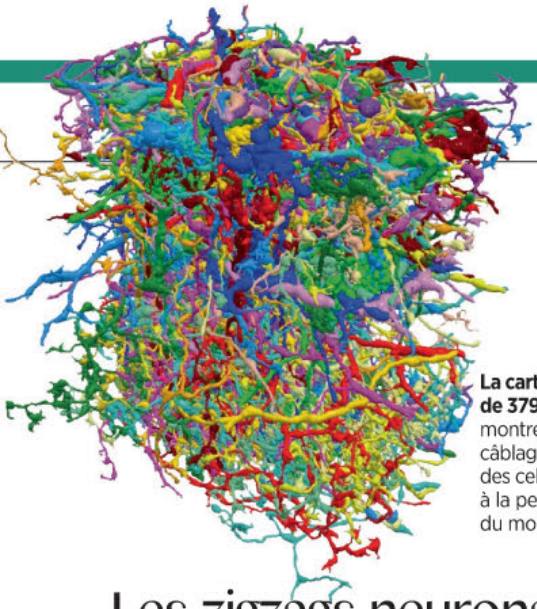
Moins d'emballages sur le marché

ENVIRONNEMENT Le poids total des emballages utilisés en France chaque année est à la baisse : entre 2007 et 2012 en France, les industriels ont utilisé 100 000 tonnes en moins. Les progrès concernent principalement les secteurs du plastique (44 000 tonnes) et du verre (39 000 tonnes). Mais le total des emballages continue de peser quelque 4,7 millions de tonnes. **L. C.**

SOURCE : ECOEMBALLAGES.



S. DAOUDAL



HHMI

La cartographie de 379 neurones montre le câblage en 3D des cellules liées à la perception du mouvement.

Les zigzags neuronaux de la mouche

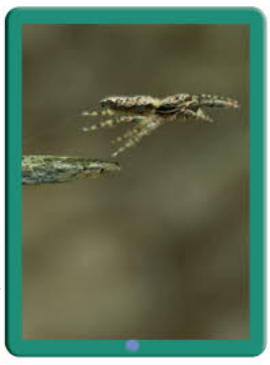
NEUROLOGIE En analysant plus de 2000 images de très fines tranches de cerveau congelé de mouche, des chercheurs ont pu établir la cartographie détaillée des neurones impliqués dans la reconnaissance des mouvements. Cette prouesse a été réalisée par l'équipe de Dmitri Chklovskii, du Howard Hughes Institute d'Ashburn (Virginie, États-Unis). Les scientifiques ont reconstitué la forme des 379 neurones du système cérébral visuel de la mouche et de leurs 8637 points de contact (synapses). Ils ont ainsi identifié le câblage neuronal tridimensionnel (« connectome ») reliant les cellules du lobe optique dans la détection des mouvements. Ces connectomes peuvent aider à comprendre le traitement de l'information par des ensembles de neurones hyperspécialisés. **M. G.**

900 millions

de tonnes de CO_2 retirées du marché carbone pour faire remonter les cours.

Le Parlement européen s'est accordé pour influencer des cours tombés en dessous de 2 € la tonne de carbone. En théorie, un prix élevé du carbone doit inciter les industriels à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre et à investir dans des énergies propres. **L. C.**

À VOIR SUR TABLETTE



NATURE PL / E. BACCEGA

L'araignée sauvée par un fil

Quand les salticides — des araignées diurnes qui n'utilisent pas de toiles pour chasser — sautent sur une proie, elles émettent un fil à l'extrémité de leur abdomen qui leur permet de se stabiliser en l'air et d'atterrir sur leurs pattes. Des scientifiques ont prouvé l'efficacité de cette méthode en coupant le fil au cours de sauts filmés à haute vitesse. Ainsi dépourvues, les araignées s'écrasent immanquablement. **L. C.**

SOURCE : YUNG-KANG CHEN, NATIONAL TAICHUNG FIRST SENIOR HIGH SCHOOL, TAÏWAN.

QUESTIONS À

Véronique Brondeau

« Le déclin des papillons implique celui d'autres espèces »

Un rapport de l'Agence européenne de l'environnement fait le point sur la baisse du nombre de papillons de prairies entre 1990 et 2011.

Qu'apprend-on dans le rapport publié le 23 juillet ?

Il révèle principalement que le nombre de papillons de prairies en Europe a été divisé par deux en vingt ans. Cette conclusion alarmante repose sur une étude menée par des scientifiques et naturalistes amateurs sur 17 espèces de papillons de prairies dans 19 pays européens. Huit espèces sont en déclin, en particulier l'azuré du serpolet, un papillon reconnaissable à ses taches noires. Deux espèces sont stables, une est en augmentation et la tendance est incertaine pour six autres. Ces résultats confirment ceux recueillis dans un premier rapport publié par l'Agence européenne de l'environnement en 2005.

NOE CONSERVATION

Véronique Brondeau, spécialiste des papillons à l'Observatoire de la biodiversité des jardins piloté par l'association Noé Conservation*.

Comment expliquer ce déclin ?

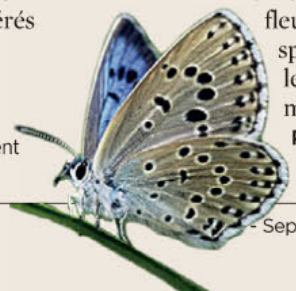
Les papillons sont des victimes collatérales de l'agriculture intensive, qui utilise de grandes quantités de pesticides, et de la disparition des prairies, riches en fleurs. Car, à l'instar des abeilles, ce sont d'importants pollinisateurs. De plus, l'assèchement des zones humides et la destruction des haies entraînent la raréfaction des plantes nécessaires à l'alimentation des chenilles.

Quelles seront les conséquences ?

Les papillons sont considérés comme des « indicateurs de biodiversité » car ils sont un maillon important de la chaîne alimentaire. Comme ils sont relativement faciles à reconnaître, ce sont les seuls invertébrés terrestres pour lesquels il est possible d'estimer un taux de déclin de 50 %. S'ils sont en perdition, d'autres espèces moins facilement observables le sont sûrement aussi, comme leurs prédateurs (oiseaux, araignées...). À terme, des plantes comme les fougères, consommées par les chenilles, risquent de devenir envahissantes tandis que des fleurs telles que les œillets, spécifiquement pollinisées par les papillons, pourraient être menacées.

Propos recueillis par L. L.

*WWW.NOECONSERVATION.ORG

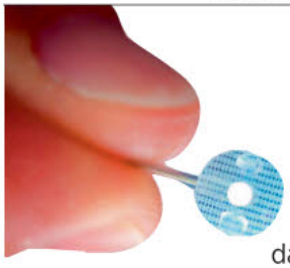


L'azuré du serpolet est particulièrement en déclin.

BIOSPHOTO

EN BREF

MÉNOPAUSE ET ÉVOLUTION. La ménopause précoce est une caractéristique de l'espèce humaine : chez les autres primates, elle ne survient que peu avant le décès. **FATIGUE VIRALE.** La fatigue chronique serait due à un herpèsvirus, dit de type 6. **ÉTUDE SÉRALINI, SUITE.** La France a appelé à constituer un consortium pour enquêter sur les effets sanitaires à long terme de la consommation d'OGM. Budget : 2,5 millions d'euros.

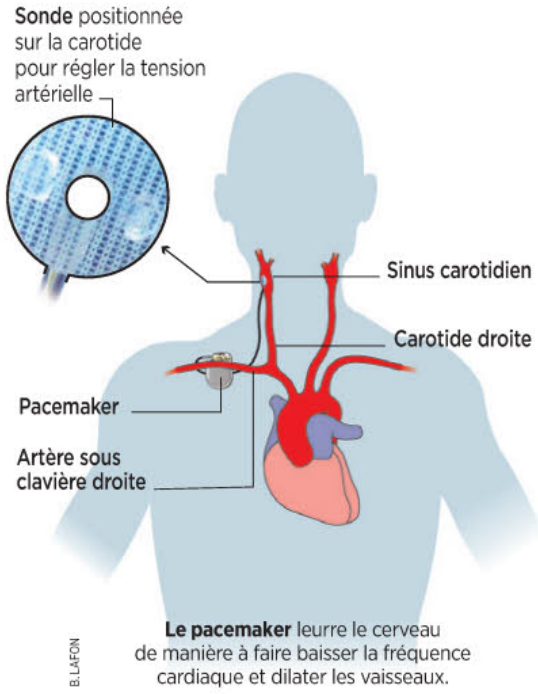


CVRX

Un pacemaker pour faire baisser la tension artérielle

Le stimulateur implanté sur l'artère carotide permet de contenir la tension dans des valeurs raisonnables et donc de diminuer le risque d'accident vasculaire.

CARDIOLOGIE Une personne souffrant d'hypertension vient de bénéficier d'un appareil inédit en France à même de réguler sa tension artérielle : un pacemaker placé au niveau de la carotide, artère irriguant le cerveau. Une équipe de l'hôpital de la Croix-Rousse, à Lyon, a réalisé l'implantation. Le pacemaker a été placé sur la paroi externe de la carotide d'un patient de 72 ans, au niveau du glomus carotidien, zone comportant de nombreux récepteurs impliqués dans le contrôle de la tension artérielle. « *En stimulant en permanence ces récepteurs, on leurre le cerveau qui, à travers le système nerveux, réagit en baissant la fréquence cardiaque et en dilatant les vaisseaux, ce qui abaisse la tension* », détaille le cardiologue Pierre Lantelme, un membre de l'équipe. Les expériences du même type menées aux États-Unis et en Europe (Allemagne, Italie) laissent espérer que la tension se normalise à 14, alors qu'elle était supérieure à 17 avant l'intervention. « *L'objectif est de diminuer le risque d'accident vasculaire* », résume le cardiologue français. En raison de sa lourdeur et de son coût (plus de 20 000 €, cette approche sera réservée aux hypertensions artérielles dites rebelles — celles pour lesquelles aucune cause n'a été retrouvée et les traitements, correctement suivis, sont sans effet —, précise par ailleurs Pierre Lantelme. **S. R.-M.**



B. LAFON

Le pacemaker leurre le cerveau de manière à faire baisser la fréquence cardiaque et dilater les vaisseaux.

REPÈRES

14 : valeur de la tension artérielle au-delà de laquelle on parle d'hypertension.

14 millions d'hypertendus en France (dont un sur quatre s'ignore).

5 à 10 % des hypertendus résistent aux traitements.

L'état de conscience évalué avec précision

NEUROSCIENCES Le degré d'éveil d'une personne inconsciente va pouvoir être évalué avec une objectivité sans précédent. La méthode : envoyer une onde électromagnétique à travers la boîte crânienne puis analyser la manière dont l'encéphale digère cette perturbation. Un logiciel attribue ensuite un score au degré d'inconscience. **E. L.**

SOURCE : ADENAUER CASALI, UNIVERSITÉ DE MILAN, ITALIE.

27 %

DE RISQUE ACCRU POUR UNE CRISE CARDIAQUE

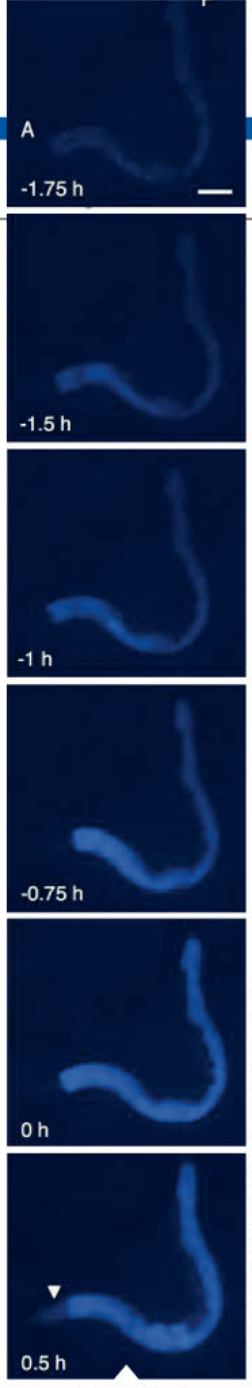
Faire régulièrement l'impasse sur le petit déjeuner peut mener à une hypertension et à un fort taux de diabète, selon une étude américaine réalisée sur 27 000 hommes âgés de 45 à 82 ans. L. L.

SOURCE : LEAH CAHILL, HARVARD SCHOOL OF PUBLIC HEALTH, BOSTON.

VEEBOT

Un robot fait des prises de sang

HÉMATOLOGIE La start-up californienne Veebot a mis au point un robot capable d'effectuer des prises de sang en une minute. Une caméra infrarouge détecte l'emplacement des veines, et un émetteur d'ultrasons confirme que le flux sanguin est suffisant pour le prélèvement. Le bras robotisé se sert alors d'une visée laser pour aligner l'aiguille et piquer. L'appareil identifie la veine avec un taux de réussite de 83 %, ce qui est aussi bien qu'un humain. La société veut atteindre 90 % de fiabilité avant de passer aux tests cliniques. **H. J.**



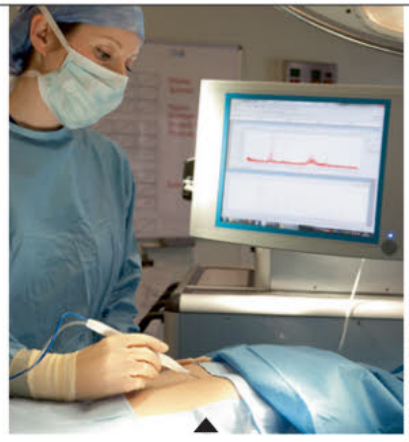
COBURN C., ALLMAN E., MAHANTI P., BENEDETTO A., CABREIRO F., ET AL. (2013)

L'onde bleue (de haut en bas) parcourt le ver mourant et se poursuit après le trépas (0 h).

Quand la mort se propage...

Une fluorescence bleue matérialise la fin de vie du petit ver transparent *C. elegans*.

BIOLOGIE Lorsqu'il meurt, une fluorescence bleue parcourt d'avant en arrière *Caenorhabditis elegans*, petit ver transparent d'environ un millimètre de longueur. L'origine de ce surprenant mécanisme a été élucidée par des chercheurs de l'University College de Londres, en collaboration avec des équipes américaines, belges et grecques. Publiée dans la revue *PLoS Biology*, leur étude révèle que l'émission de fluorescence bleue qui accompagne la mort de *C. elegans* prend sa source dans l'acide anthranilique contenu au sein des granules présents dans les cellules intestinales. Cette fluorescence bleue débute deux heures avant la mort, connaît une soudaine augmentation de 400 % qui coïncide avec la cessation de tout mouvement, puis décroît dans les six heures suivant le décès.
Un phénomène observable que la mort soit imputable à un stress oxydatif ou au vieillissement. Il fait intervenir l'activation d'enzymes dont le fonctionnement nécessite la présence de calcium. La propagation de l'onde mortifère au sein de l'organisme à l'échelle du ver entier dépend de l'entrée de calcium de proche en proche dans les cellules intestinales. Les mécanismes enzymatiques accompagnant cette cascade de mort cellulaire tout le long de l'intestin sont semblables à ceux décrits chez l'homme dans la neurodégénérescence en cas d'accident vasculaire cérébral. **M. G.**



IMPERIAL COLLEGE LONDON

Le « couteau intelligent » a la capacité de reconnaître des cellules cancéreuses.

Le premier bistouri détecteur de tumeurs

CHIRURGIE Au cours de leurs opérations, les chirurgiens vont bientôt pouvoir utiliser un bistouri électrique apte à indiquer si le tissu avec lequel il est en contact est cancéreux ou non. Ils pourront ainsi plus facilement retirer tout le tissu cancéreux (et rien que lui) afin de prévenir au maximum les risques de récidive. L'analyse ne prend que trois secondes, alors qu'aujourd'hui, il faut trente minutes pour apprécier la nature d'un tissu. Elle se fait avec un nouveau type de spectromètre de masse, dit à ionisation et évaporation rapide, qui analyse la nature des lipides membranaires. Le « iKnife » peut même préciser si les tumeurs sont primaires ou issues d'une métastase. **P. K.**

SOURCE : JULIA BALOG, UNIVERSITÉ DE DEBRECEN, HONGRIE

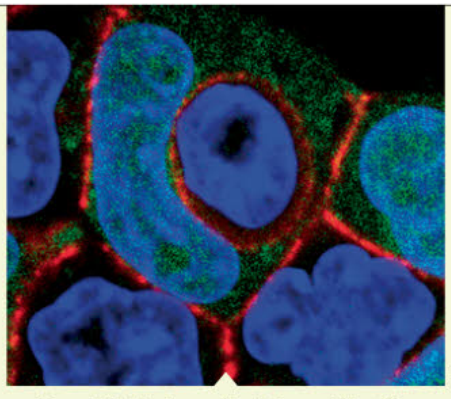
Un même cœur pour tout le chœur

PHYSIOLOGIE **Dans une chorale, les cœurs des chanteurs se coordonnent pour battre au même rythme, grâce au nerf vague qui part du tronc cérébral. Il ralentit leur cœur lorsqu'on inspire, et l'accélère lorsqu'on expire. La synchronisation des respirations dans des chansons lentes conduit ainsi à caler les battements cardiaques sur un même tempo. L. P. C.**

SOURCE : BJÖRN VICKHOFF, UNIVERSITÉ DE GÖTEBORG, SUÈDE.

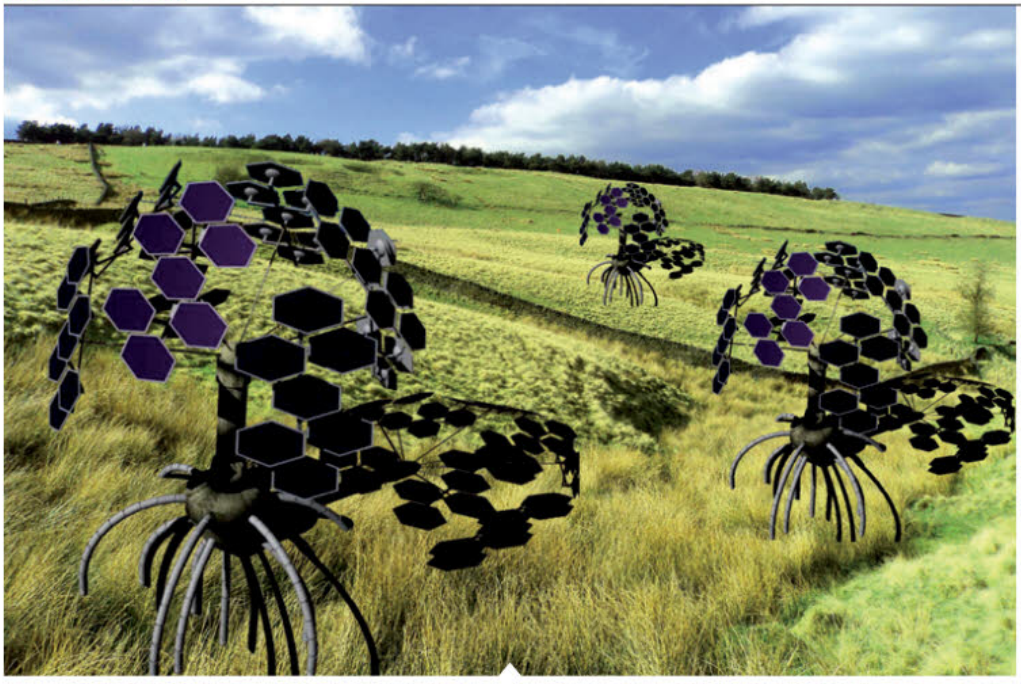
LA LUTTE POUR LA SURVIE DÉMARRE CHEZ L'EMBRYON

EMBRYOLOGIE Trois jours après la fécondation, les cellules qui composent un embryon de souris sont déjà en concurrence pour leur survie : celles qui synthétisent davantage de protéines éliminent les autres. *« La survie semble déterminée par la protéine Myc* [la même qui joue un rôle dans certains cancers humains], *qui régule la capacité métabolique cellulaire »*, explique Cristina Clavería, du Centre national des investigations cardiovasculaires à Madrid (Espagne) et coauteure de l'étude. Le phénomène semble s'arrêter quatre jours plus tard. C'est la première fois que l'on observe une compétition cellulaire de ce type chez un mammifère. Elle avait été décrite en 1975 chez la mouche du vinaigre (*Drosophila melanogaster*). **L. P. C.**



CNIC

Une cellule à niveau élevé de protéine Myc (en vert ci-dessus) phagocyte sa voisine.



COURTESY OF INSTITUTO DI TECNOLOGIA

Vue d'artiste des « plantoïdes ». Des panneaux solaires en guise de feuilles, des pointes cylindriques pour racines.

Les plantes ont aussi leur robot

S'inspirant du vivant, une chercheuse italienne vient de présenter un prototype. Autonome, ce « plantoïde » permettrait d'analyser en continu la composition des sols.

GÉOTECHNIQUE Après les robots animaux, les robots humains, voici... les robots-plantes ! Un premier prototype de « plantoïde » a été présenté début août au musée des Sciences de Londres. Barbara Mazzolai, qui l'a imaginé à l'Institut italien de technologie de Gênes, s'est inspirée des racines des plantes. Les chercheurs ont établi que ces dernières analysent en permanence la composition physico-chimique du sol et poussent dans la direction la plus favorable pour le végétal, par exemple dans une zone plus meuble ou plus riche en nutriments. En concevant un robot capable d'explorer les sols de manière autonome à l'aide de ses racines mécaniques, la scientifique espère développer des machines utiles pour la recherche d'eau, de minéraux ou de traces de pollution. Alimenté en énergie par de petits panneaux solaires en guise de feuilles, le prototype est constitué d'une « souche » contenant un réservoir de plastique liquide. De ce réservoir partent plusieurs racines cylindriques de quelques centimètres de long, dont les pointes contiennent un petit moteur ainsi qu'une LED. Le moteur aspire le plastique liquide depuis la souche, lequel se durcit en présence de la lumière de la LED. Résultat, la racine est poussée plus profondément dans le sol, millimètre après millimètre. **F. G.**

Une dent bourrée de capteurs

ÉLECTRONIQUE L'activité de la bouche pourra bientôt être mesurée en permanence grâce à un capteur de mouvements (accéléromètre) implanté dans une fausse dent. Un premier prototype a été testé sur huit personnes à qui on a demandé de mâcher, boire, parler et tousser. Le capteur a identifié chacune de ces activités dans 94 % des cas. Pour l'heure, les informations ne peuvent être recueillies qu'en enlevant la dent et en la connectant à un ordinateur avec un fil. Mais la deuxième version devrait transmettre les données par Bluetooth en temps réel sur un smartphone. **L. M.**

SOURCE : CHEN-YUAN LI, UNIVERSITÉ NATIONALE DE TAÏWAN.

0,56 CENTIME D'EURO PAR WATT

Le prix plancher des panneaux solaires chinois.

ÉNERGIE La Chine et l'Europe ont réglé leur différend sur les importations de panneaux photovoltaïques. Les importateurs chinois ne pourront vendre leurs panneaux en dessous de ce tarif et ne devront pas couvrir plus de 60 % du marché européen. **L. C.**

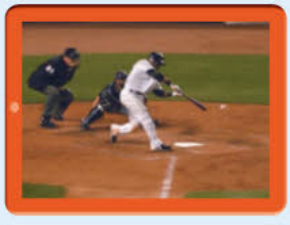
190€ COÛT DE LA LOCATION HEBDOMADAIRE D'UN SATELLITE

GETTY IMAGE - ARDUSAT

TECHNOLOGIE Le 4 août, la société américaine Nanosatisfi a mis sur orbite le nanosatellite ArduSat. Équipé d'appareils photo et d'un magnétomètre, il permettra à n'importe qui de prendre des photos de la Terre depuis l'espace, d'étudier le passage des météores, ou de cartographier le champ magnétique terrestre. La location consiste à réserver du temps sur le satellite, que l'on pilote avec une interface Web. **L. L.**

WWW.NANOSATISFI.COM

À VOIR SUR TABLETTE



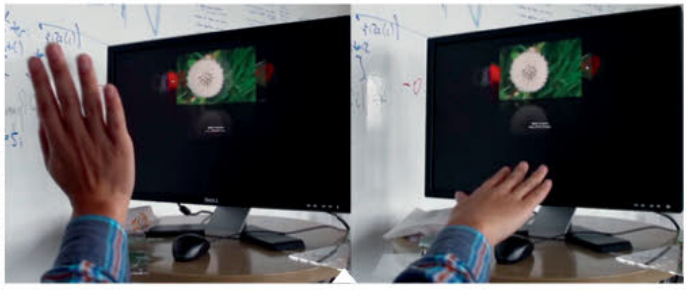
DR

Les angles impossibles dévoilés

TÉLÉVISION Début septembre, les matchs de football américain au Cowboys Stadium de Dallas (Texas) seront diffusés par la chaîne NBC avec des vues inédites : le réalisateur pourra à tout moment zoomer et tourner à 360° autour d'un joueur ou de la balle. Douze caméras filment sous différents angles ; à partir de ces images, des algorithmes calculent et reconstituent les vues manquantes. **A. D.**

Le Wi-Fi détecte les mouvements

Ce dispositif reposant sur des ondes radio permet de piloter sans clavier un ordinateur.



UNIVERSITY OF WASHINGTON

Le système WiSee traite par algorithme les mouvements effectués.

INFORMATIQUE Un système de reconnaissance de mouvement… sans capteur de mouvement. C'est l'étonnant concept WiSee développé par quatre étudiants en informatique de l'université de Washington, à Seattle, et qui sera présenté au salon Mobicom de Miami ce mois de septembre. L'idée est par exemple d'allumer une lumière ou de lancer une musique sur un ordinateur depuis son canapé, par un simple mouvement du bras ou de la main, sans caméra ni aucun périphérique, tel le Kinect de Microsoft. Les étudiants ont inventé pour cela un algorithme afin que la détection des mouvements se fasse avec les ondes Wi-Fi qui baignent la pièce.

Appelé WiSee, le dispositif repose sur une détection fine des perturbations provoquées par le corps humain dans la propagation des ondes radio entre le modem et l'appareil connecté (ordinateur, smartphone ou tablette). Ces altérations, de l'ordre de quelques hertz, n'affectent pas du tout la connexion Internet, mais sont captées par le modem comme un signal radio particulier et traitées par l'algorithme. Ce dernier les transforme en commandes (faire défiler des photos, changer de chaîne de télévision) avec un temps de réponse d'à peine une seconde. **A. D.**

KATHRINA UNGER

Une alimentation qui fait mouche

BIOLOGIE Comme la production de viande devrait augmenter de 50 % d'ici à 2050, Kathrina Unger, designer autrichienne, a conçu un incubateur à mouches pour rendre la viande d'insectes disponible à domicile. Farm 432 permet d'élaborer son propre élevage de larves de mouches soldats noires *(Hermetia illucens)*. C'est encore un prototype, mais son auteure espère bien le voir sur le marché d'ici à quelques années. **E. L.**

DASSAULT

Relier l'Asie en navette suborbitale

ESPACE Parcourir la planète en quelques heures pourrait devenir réalité grâce à l'idée de navette suborbitale de la société suisse S3 (Swiss Space System). Baptisée Soar (Sub-Orbital Aircraft Re-Usable), elle aura dès 2018 pour vocation principale d'envoyer des petits satellites dans l'espace, avant de s'attaquer aux voyages intercontinentaux à la vitesse de Mach 3. Plusieurs pays se sont déjà dits prêts à accueillir des « spaceports », qui mettront l'Asie à moins de trois heures de l'Europe. *« Nous voulons démocratiser l'accès à l'espace, grâce à des coûts de lancement jusqu'à quatre fois inférieurs à ceux d'aujourd'hui »*, explique son fondateur, Pascal Jaussi. Porté sur le dos d'un Airbus A300 jusqu'à l'altitude de 10 000 mètres, l'avion équipé d'un moteur-fusée ne nécessite en effet ni lanceur ni pas de tir. Il a reçu le soutien de plusieurs partenaires, dont le français Dassault Aviation. **G. D.**

Cholestérol

Entre vrais espoirs et fausse piste

Les chercheurs développent une stratégie prometteuse pour baisser le taux de « mauvais » cholestérol, facteur aggravant du risque cardio-vasculaire. Mais ils se rendent compte que les traitements faisant augmenter le « bon » cholestérol n'ont pas de résultats. Décryptage.

Dossier réalisé par
Marc Gozlan et Sylvie Riou-Milliot

À propos du cholestérol, tout et son contraire a été dit. Pour certains, cette graisse indispensable à nos cellules et à la synthèse des hormones, à la fois fabriquée par notre corps et apportée par notre alimentation, est inoffensive, et son action néfaste sur les parois des artères ne serait qu'un mythe. D'autres n'ont qu'une recette pour réduire le risque cardio-vasculaire : faire baisser le taux de « mauvais » cholestérol dans le sang quand celui-ci s'envole, grâce à des médicaments comme les statines *(lire p. 28)* ou encore un régime alimentaire adapté *(lire p. 31)*. Et que dire du « bon » cholestérol ? Les croyances ont la vie dure sur ses bienfaits supposés, malgré des avancées spectaculaires dans la connaissance de son fonctionnement *(lire p. 32)*. Mais déjà la communauté scientifique n'a d'yeux que pour une nouvelle arme anticholestérol potentielle. Pas un congrès international de cardiologie qui ne bruisse de l'existence de ce nouvel outil, pas un article dans les ▸

Vaccin : contrôler la réponse immunitaire p. 30

Les vertus du régime méditerranéen p. 31

La fin du dogme du « bon » cholestérol p. 32

BURGER/PHANIE

11,8 millions

de Français âgés de 35 à 64 ans sont concernés par des anomalies des lipides sanguins (dyslipidémie).

Source : Enquête Mona Lisa, données 2006-2007

9,1 millions

de Français de 35 à 64 ans sont touchés par un taux de cholestérol trop élevé (hypercholestérolémie).

Source : HAS 2010

6,4 millions

de Français sont traités par statines

Source : Cnam 2013

1 million

de nouveaux patients sont traités par statines chaque année.

Source : Cnam 2013

ATHÉROSCLÉROSE OU ARTÉRIOSCLÉROSE
Maladie inflammatoire qui se caractérise par des dépôts de lipides dans la paroi des artères, formant une plaque d'athérome. Celle-ci peut conduire à l'obstruction ou à la formation d'un caillot sanguin.

HYPERTRIGLYCÉRIDÉMIE
Accumulation de lipoprotéines riches en triglycérides. Il s'agit de lipides formés dans l'intestin à partir des graisses de l'alimentation et dans le foie à partir de l'excès de sucre alimentaire.

SYNDROME MÉTABOLIQUE
Il est défini par l'association de plusieurs facteurs précis de risque cardio-vasculaire chez un même patient. Sa présence accroît la possibilité de développer un diabète de type 2 ou un accident vasculaire.

revues spécialisées qui n'y fasse référence. De quoi s'agit-il ? Des anti-PCSK9, des molécules qui agissent sur une enzyme. Motif de cet engouement : cette nouvelle classe médicamenteuse — encore à l'étude — n'a pas son pareil pour faire baisser un LDL-cholestérol (« mauvais cholestérol ») trop élevé en agissant sur la régulation du taux sanguin. Des baisses exceptionnelles, de l'ordre de 60 % à 80 % selon les tests en cours. Le tout doublé d'une excellente tolérance lors des essais cliniques. Bref, du jamais vu de mémoire de lipidologue ! « *C'est une histoire incroyable où, en une décennie à peine, nous sommes passés de la découverte du gène PCSK9, codant pour cette enzyme, aux applications cliniques* », commente le Dr Michel Farnier, lipidologue à Dijon, très en pointe sur le sujet et impliqué dans ces essais. Résultat : presque tous les grands laboratoires comme Sanofi et Amgen — les plus avancés —, mais aussi Pfizer, Eli-Lilly et Merck, ont misé sur elle. Avec l'espoir de pouvoir disposer dans les cinq ans d'une nouvelle arme efficace face aux conséquences mortelles des maladies cardio-vasculaires. Les spécialistes manquent en effet cruellement d'outils pour lutter contre un taux élevé de cholestérol lorsqu'un régime alimentaire bien suivi pendant trois mois échoue à le faire baisser. Il faut alors parfois recourir aux statines. Or, même ainsi, le but n'est pas toujours atteint, « *surtout chez des patients à haut risque cardio-vasculaire chez qui, dans environ un cas sur deux, un traitement pourtant bien conduit ne parvient pas à faire baisser assez le taux de LDL* », précise le Dr Michel Farnier.

1,2 milliard
d'euros de remboursements versés en 2012 par l'assurance-maladie
pour les traitements par statines
Source : Cnam 2013.

Une protéine dégrade les transporteurs du LDL

D'autant que les statines peuvent engendrer des effets secondaires : chez environ 10 % des patients, des douleurs musculaires plus ou moins invalidantes surviennent, disparaissant en général quand les doses sont diminuées. Les inhibiteurs de PCSK9 viendraient donc pallier les limites d'utilisation des statines. Cette enzyme, la proprotéine convertase subtilisine/kexine de type 9, en fait une protéine, surtout présente au niveau du foie, se fixe naturellement sur les récepteurs de transport type LDL, les « camions » chargés d'évacuer le « mauvais cholestérol ». Cette liaison entraîne la dégradation des récepteurs qui, inactivés, empêchent l'épuration du LDL (« mauvais cholestérol »), dont le taux s'élève. « *D'où l'idée de neutraliser cette protéine par un anticorps pour diminuer la dégradation des transporteurs et réduire l'élévation du LDL* », résume le Pr Bertrand

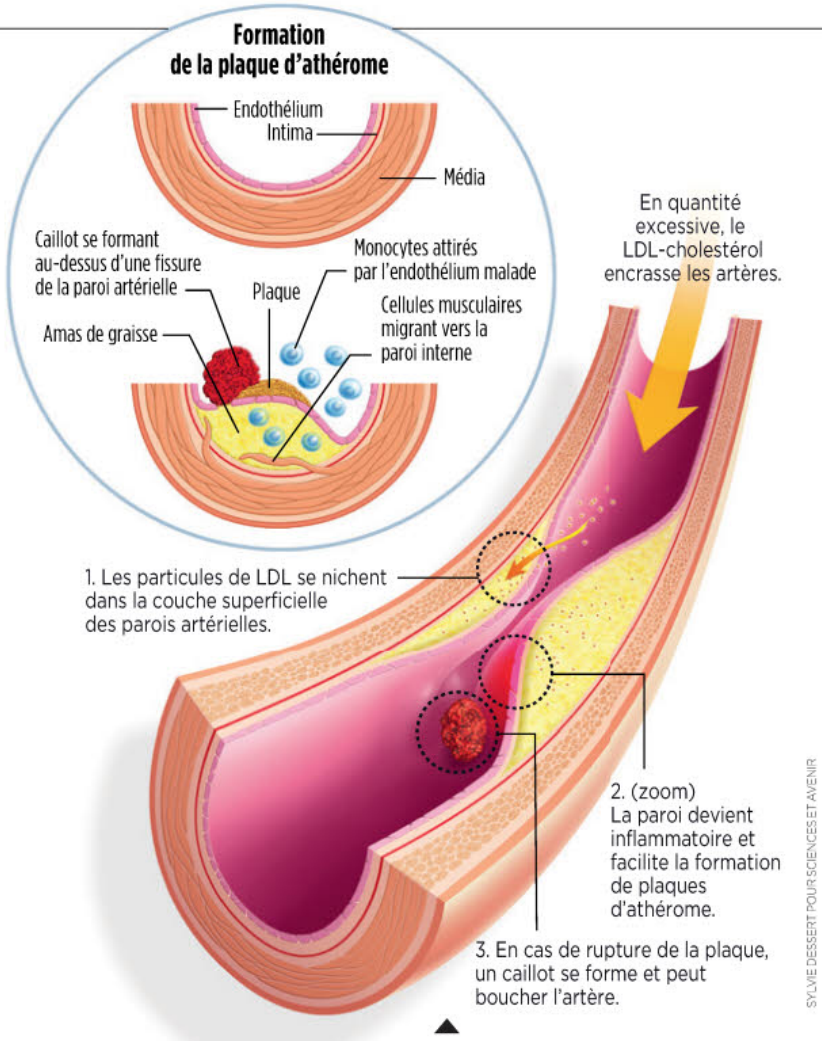
DOMINIQUE PASQUET

MÉDICAMENTS

Il faut revoir l'usage des statines

Prescrites à 10 % des Français, ces molécules qui bloquent la synthèse du cholestérol dans le foie devraient être réservées aux personnes à fort risque cardio-vasculaire.

Tout a commencé au printemps avec la parution d'un livre du très controversé Pr Philippe Even (*La Vérité sur le cholestérol*) niant tout rôle aux statines dans le traitement de l'excès de cholestérol. Au centre des débats, ces fameux médicaments qui bloquent la synthèse du cholestérol dans le foie en agissant sur une enzyme essentielle à celle-ci, la HMG Co A réductase. Les vives polémiques qui ont suivi la parution de l'ouvrage ont eu un mérite : pointer le mésusage de ces médicaments prescrits à plus de 6 millions de Français. Selon les recommandations de la Haute Autorité de santé (HAS), elles ne devraient être administrées qu'à des patients dits en prévention secondaire, quand un accident cardio-vasculaire (infarctus, AVC) s'est déjà produit, et non en cas de cholestérol modérément augmenté chez des patients à faible risque cardio-vasculaire. « *En France, nous sommes dans une situation où l'on "sur-traite" les personnes à faible risque, quand celles à risque sont "sous-traitées"* », reconnaît le Dr Michel Farnier, lipidologue à Dijon. Commercialisées en France depuis 1988, cinq statines sont sur le marché (pravastatine, simvastatine, atorvastatine, fuvastatine et rosuvastatine). Les deux premières étant, selon une étude de la HAS, les mieux évaluées. Cette variété permet aussi d'ajuster au mieux le traitement, un patient sous statines sur deux conservant souvent un taux élevé de cholestérol. **S. R.-M.**



Comment le cholestérol encrasse les artères. Un excès de cholestérol sanguin peut entraîner une athérosclérose, due à la formation d'une plaque d'athérome. La rupture de celle-ci peut obstruer l'artère et entraîner un infarctus ou un AVC.

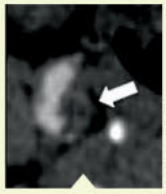
Cariou, endocrinologue à Nantes. L'histoire des anti-PCSK9 a commencé avec des travaux menés chez des patients atteints d'hypercholestérolémie familiale, une anomalie du métabolisme du cholestérol d'origine génétique. *« En 2003, l'équipe de Catherine Boileau (Inserm, Paris) a découvert sur le chromosome 1 un gène totalement inconnu — baptisé PCSK9 — dont la surexpression était liée aux formes familiales héréditaires*, explique le Dr Farnier. *En 2005, des études américaines ont, de leur côté, prouvé qu'une expression faible de ce gène, observée lors de mutations naturelles chez certaines personnes, était associée à un taux de LDL très bas et à un risque très faible de maladie coronarienne : on avait donc la preuve que l'absence de PCSK9 conférait une protection face aux accidents cardio-vasculaires.* » D'où l'idée de mettre en place cette stratégie d'inhibition de l'enzyme qui a abouti à la mise au point des anti-PCSK9, des anticorps très spécifiques et puissants, utilisés en association avec les statines dans les essais en cours. Résultat : *« C'est la première fois que l'on obtient de telles baisses et des taux de LDL inférieurs à 0,5 g par litre »*, poursuit le lipidologue.

Ces baisses spectaculaires ont logiquement conduit depuis quelques années la plupart des laboratoires à développer leurs propres anti-PCSK9 dont les noms de code sont RGN727/SAR236553 (Sanofi) ou encore AMG 1445 (Amgen)... Certains font d'ores et déjà l'objet d'essais de phase 3, se ▶

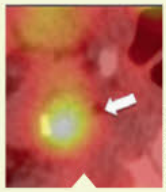
IMAGERIE

Détecter à temps la plaque d'athérome

Des techniques d'imagerie sont à l'étude pour détecter les plaques risquant de se rompre.


FABIEN HYAFIL

Angioscanner de la carotide mettant en évidence une plaque d'athérome (en noir).


FABIEN HYAFIL

La TEP-FDG visualise cette plaque (en jaune), avec présence de cellules enflammées.

FABIEN HYAFIL

La plaque d'athérome, après extraction chirurgicale, présente une zone de rupture (rouge).

L'ennemi est d'autant plus redoutable qu'il reste longtemps invisible. On le sait, l'athérosclérose, qui résulte de la formation d'une plaque d'athérome *(voir ci-contre)*, peut à terme provoquer une obstruction du diamètre des artères. *« Or la formation d'une plaque s'étale sur dix à vingt ans*, explique le Dr Fabien Hyafil, radiologue à l'hôpital Bichat (Paris). *L'exploration classique des artères par coronarographie peut donc être normale malgré une plaque déjà en formation. »* L'enjeu d'une détection précoce est donc de prédire le risque de rupture. Car toutes les plaques ne se rompent pas ! Seules les plus fragiles, dites vulnérables, sont à risque.

Pour les déceler, plusieurs techniques d'imagerie sont à l'étude. Ainsi, l'imagerie par résonance magnétique (IRM) dite de haute résolution, non irradiante. Ou bien encore l'association très prometteuse du coroscanner *(voir* S. et A. *n° 722, avril 2007)* et de la tomographie par émission de positons au [18F]-fluoro-désoxyglucose (TEP-FDG), qui renseigne sur la nature de la plaque. En France, l'étude Biocore (Biomarkers of Coronary Events) est en cours à l'hôpital Bichat (Paris). *« Elle vise à identifier des marqueurs sanguins de la présence d'une plaque vulnérable »*, précise le Dr Hyafil. Plus expérimentale, l'élastographie, reposant sur les ultrasons, fait aussi l'objet de recherches. Sans oublier le volet imagerie du projet Nanoathéro *(lire p. 30)* qui prévoit l'utilisation de nanoparticules pour soigner mais aussi pour visualiser les plaques. **S. R.-M.**

déroulant sur de larges groupes de patients, comme Odysee (Sanofi) ou Proficio (Amgen), avec près de 20 000 malades étudiés. « *C'est la course entre les laboratoires pour la sélection et le nombre des patients* », précise le Pr Cariou. « *Le fait de disposer de groupes importants est primordial. Il va permettre d'avoir des données pour étudier la sécurité d'emploi de ces traitements, leur efficacité au long cours ou encore leurs conséquences à long terme sur le système immunitaire* », ajoute le Dr Farnier.

Si l'heure est à la compétition, c'est que le marché est énorme et les enjeux financiers colossaux. Les laboratoires espèrent bien entendu récidiver le succès des statines, certaines étant déjà tombées dans le domaine public depuis leur mise sur le marché il y a plus de 10 ans... Pour l'heure, les résultats semblent encourageants pour les traitements qui se présentent sous la forme d'une injection sous-cutanée, une fois par mois ou tous les 15 jours selon les cas. Durant toute la vie. Un changement radical pour un traitement au long cours en cardiologie, où seuls des comprimés étaient prescrits jusqu'alors. Malgré les contraintes de l'injection, « *ils sont étonnamment bien acceptés par les patients* », note le Dr Farnier. Mais plusieurs questions se posent encore avant l'autorisation de mise sur le marché (AMM) de cette nouvelle classe médicamenteuse. Toutes non résolues. À qui proposer ces médicaments ? Pour quel intérêt réel ? Seuls ou avec des statines ? À quel coût ?

À quels malades prescrire le nouveau traitement ?

« *Il serait étonnant que l'agence américaine du médicament, la Federal Drug Administration, se contente de la seule baisse du taux de LDL pour donner son feu vert* », pointe le Pr Cariou. « *C'est pourquoi nous sommes en attente des résultats des essais de prévention* », renchérit le Dr Farnier. Résultats dans deux à trois ans. Une donnée essentielle pour savoir à qui prescrire ces médicaments. Histoire de ne pas tomber dans un mésusage identique à celui des statines. Bien sûr, déjà, des pistes se dessinent. « *Dans un premier temps, il faudra les réserver aux patients les plus à risque, ceux atteints de formes familiales sévères*, indique le Dr Farnier. *Puis aussi aux intolérants aux statines, à condition que la définition de l'intolérance soit affinée. Enfin, pour les malades qui conservent un taux de cholestérol élevé sous statines, soit près d'un patient sur deux, il faudra attendre les résultats des études de prévention.* » Sans oublier la question du coût, car le traitement sera chronique. Une raison pour laquelle d'autres chercheurs prévoient une stratégie encore plus radicale. La parade ultime, le vaccin *(lire l'encadré ci-contre)*. **S. R.-M.**

ÉCLAIRAGE

Les nanoparticules à la rescousse

Nanoathéro est un programme européen (10 pays) lancé en février dernier. L'objectif : utiliser des nanoparticules pour empêcher le développement de la plaque d'athérome. Avec, à terme, l'espoir de traitements ciblés administrés par voie veineuse agissant directement sur les composants de la plaque. *« Les essais cliniques seront menés sur 30 à 50 patients en France et aux Pays-Bas »*, précise son coordinateur, Didier Letourneur (Inserm). Résultats en 2018.

VACCINS

Contrôler la réponse immunitaire

Des chercheurs tentent de mettre au point des vaccins prévenant les mécanismes inflammatoires dans l'athérosclérose. Des tests sur des animaux sont en cours.

L'accumulation des particules LDL dans la paroi artérielle et leur oxydation sont à l'origine d'une réponse inflammatoire locale. Des composants protéiques associés aux LDL oxydées ne sont plus reconnus comme faisant partie du « soi » et sont pris pour cibles par les globules blancs qui fabriquent des anticorps contre ces « autoantigènes ». Des lymphocytes T régulateurs (Treg) inhibent cette réaction immunitaire, mais ils sont présents en trop faible nombre dans les plaques d'athérome. D'où l'idée de stimuler ces Treg afin d'induire une tolérance vis-à-vis des antigènes de la plaque d'athérome.

Plusieurs vaccins capables d'activer des Treg spécifiques des LDL ont été testés avec succès chez la souris. C'est le cas d'un vaccin développé en 2010 par des chercheurs de l'hôpital de Stockholm, en collaboration avec le Pr Jan Nilsson (université de Malmö). Administré par voie nasale, il est basé sur une séquence de la protéine apoB100, seule protéine constamment associée aux LDL.

Une autre approche vise à induire une tolérance immunologique vis-à-vis de l'apoB100 en délivrant de faibles doses de plusieurs fragments (peptides) de cette protéine. Cette stratégie, testée l'an dernier par l'équipe du Pr Alain Tedgui, du Paris-Centre de recherche cardiovasculaire (PARCC), a permis de réduire le développement de lésions d'athérosclérose chez des souriceaux, mais aussi de bloquer leur progression chez des souris plus âgées ayant déjà des plaques avancées. Cet effet protecteur était associé à une activation de Treg spécifiques de l'apoB100. Selon le Pr Nilsson, « *nos connaissances sur le rôle de l'immunité dans l'athérosclérose auront bien progressé dans cinq ans et nous permettront de débuter les essais cliniques pour valider des stratégies de traitement et de prévention par une modulation du système immunitaire* ». **M. G.**

Les vertus du régime méditerranéen

Une alimentation riche en légumes, fruits, noix et céréales réduit de 30 % le risque cardio-vasculaire chez certains patients à haut risque.

Des conseils diététiques sont proposés à tous les patients qui n'ont pas un taux de LDL-cholestérol optimal. Chez une personne n'ayant jamais eu d'accident cardio-vasculaire, un traitement médicamenteux n'est décidé que si la valeur cible de cholestérol sanguin n'est pas atteinte après trois mois de régime. Après un événement cardio-vasculaire, un traitement médicamenteux abaissant le taux des lipides sanguins est d'emblée associé au régime diététique et à la correction des facteurs de risque (sédentarité, tabagisme, surpoids).

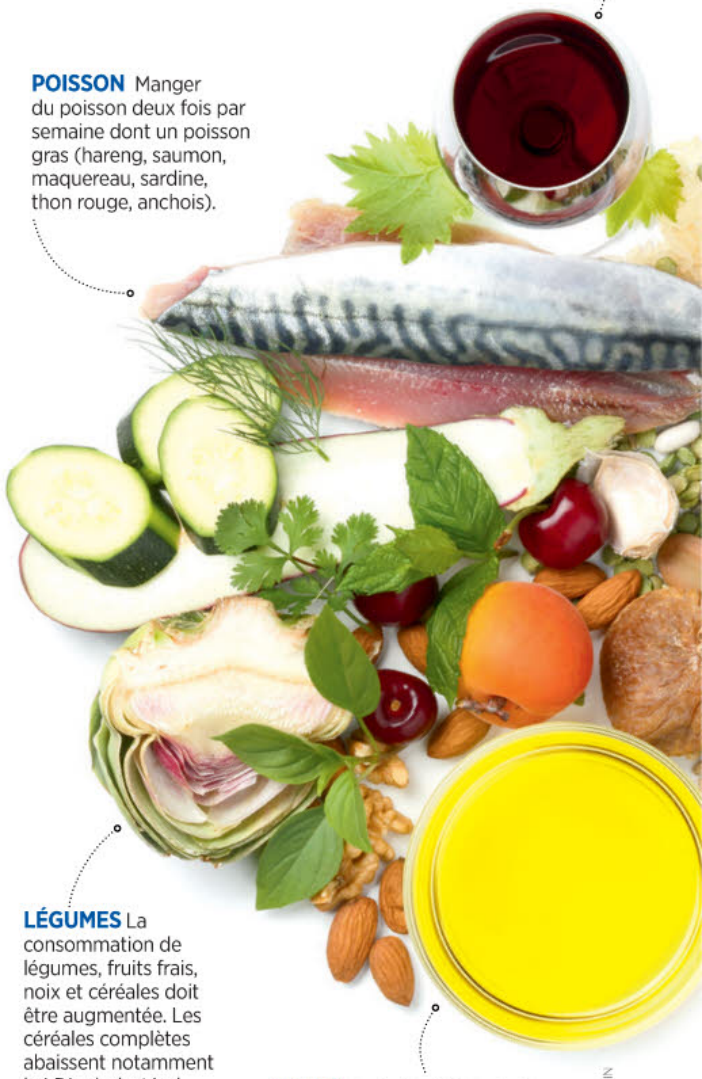
Une étude espagnole, publiée en avril dans le *New England Journal of Medicine*, a évalué l'impact du régime méditerranéen, sur une période de 4,8 ans, en termes de survenue d'accidents cardio-vasculaires. C'est la première fois que ce type d'alimentation est évalué sur un effectif important : 7447 personnes âgées de 55 à 80 ans à haut risque cardio-vasculaire n'ayant jamais fait d'infarctus du myocarde ou d'accident vasculaire cérébral (AVC). L'étude, baptisée Predimed *(Prevención con Dieta Mediterránea)*, montre que le régime méditerranéen réduit de 30 % le risque cardio-vasculaire chez des patients à haut risque mais sans antécédent. Ce régime se compose notamment d'un apport élevé en légumes, fruits frais, noix et céréales, fromages maigres. Il peut s'accompagner d'un verre de vin par jour. Trois types d'alimentation ont été comparés : un régime méditerranéen supplémenté soit en huile d'olive, soit en noix/amandes/noisettes, et un régime « contrôle » avec pour seul conseil nutritionnel de réduire les graisses.

La supplémentation en huile d'olive est efficace

Le régime méditerranéen supplémenté en huile d'olive a entraîné une réduction significative de 30 % de l'incidence d'événements cardio-vasculaires par rapport au régime témoin, contre 28 % pour le régime enrichi en noix. Il a réduit notablement le risque d'AVC de 49 % et celui d'infarctus de 23 %, cette dernière différence n'étant pas statistiquement significative. « *Il est très important de conduire ce type d'étude d'intervention pour estimer l'impact de l'alimentation quotidienne sur la santé cardio-vasculaire* », estime le Dr Jean Dallongeville (Institut Pasteur, Lille). Reste à déterminer l'impact du régime méditerranéen supplémenté en huile d'olive ou noix chez des individus présentant un risque cardio-vasculaire modéré.

Il est possible que les nutriments du régime méditerranéen agissent en synergie pour provoquer des changements favorables sur les lipides sanguins, la sensibilité à l'insuline, la résistance à l'oxydation, la dilatation des artères. Une nouvelle discipline, la « nutrigénomique », a justement pour objet l'étude de l'influence des nutriments sur l'expression des gènes, en particulier dans le foie, le pancréas et le tissu adipeux. ■

M. G.



VIN ROUGE Le régime méditerranéen peut s'accompagner d'un demi-verre par jour. Le vin rouge est riche en micronutriments et en polyphénols.

POISSON Manger du poisson deux fois par semaine dont un poisson gras (hareng, saumon, maquereau, sardine, thon rouge, anchois).

LÉGUMES La consommation de légumes, fruits frais, noix et céréales doit être augmentée. Les céréales complètes abaissent notamment le LDL-cholestérol.

HUILE Les huiles d'olive et de colza sont préférables aux autres, du fait de leur teneur élevée en acides gras oméga 3 et 9.

RÉMY CORTIN

« Bon » cholestérol : la fin d'un dogme

Augmenter le taux du « bon » cholestérol pour réduire le risque cardio-vasculaire ne donne pas les résultats escomptés. La remise en cause de ce principe, jusqu'alors incontesté, constitue une révolution dont les conséquences seront majeures. Explications.

C'est l'histoire d'un concept thérapeutique qui semblait aller de soi... mais qui — on vient de s'en rendre compte — ne fonctionne pas pour lutter contre l'athérosclérose, cette pathologie caractérisée par des dépôts de lipides dans la paroi des artères. En plus de diminuer la concentration du « mauvais » cholestérol comme le font efficacement les statines après un premier accident coronarien, il s'agissait, pour réduire le risque cardio-vasculaire, d'augmenter le taux du « bon » cholestérol grâce à de nouvelles molécules. Cette dernière approche se solde aujourd'hui par un cuisant échec.

Pour comprendre, il faut garder à l'esprit que, dans le sang, deux types de transporteurs (lipoprotéines) ont pour mission, tels des camions circulant dans des directions opposées, de transporter une même cargaison, le cholestérol. Les LDL l'acheminent du foie vers les tissus, tandis que les HDL font le trajet inverse. Du foie, il sera excrété par la bile. Lorsque le cholestérol transporté par les LDL (appelé « LDL-cholestérol ») est capté en excès par les tissus, il est susceptible de s'accumuler dans les parois d'une artère coronaire et former alors une plaque d'athérome *(voir l'infographie p. 29)*. Celle-ci peut finir par obstruer le vaisseau et bloquer toute circulation, provoquant un infarctus du myocarde. C'est pour cela que le LDL-cholestérol est considéré comme « mauvais ». À juste titre, car un taux élevé de LDL-cholestérol est associé à une augmentation du risque cardio-vasculaire. À l'inverse, le cholestérol transporté par les HDL (baptisé « HDL-cholestérol ») a, lui, acquis une réputation de « bon » cholestérol au cours des trente dernières années. Des études épidémiologiques ont en effet montré que des taux élevés de HDL-cholestérol sont associés à une diminution du risque d'accidents coronariens, tandis qu'un taux bas est associé à un risque élevé.

Au vu de ces données, il semblait donc logique de penser qu'augmenter le taux de HDL-cholestérol pouvait diminuer le risque cardio-vasculaire, un concept baptisé « hypothèse HDL-cholestérol ». L'objectif était d'obtenir un bénéfice supplémentaire à celui déjà conféré par un traitement par statines, ces médicaments connus pour abaisser le taux de LDL-cholestérol. On imaginait déjà le futur message marketing, facile à retenir : davantage de « bon » cholestérol et moins de « mauvais ». *« Or la biologie des particules HDL se révèle bien plus complexe que celle des LDL ! »*, explique aujourd'hui le Pr Jean-Pierre Després (Institut universitaire de cardiologie et de pneumologie de Québec, Canada).

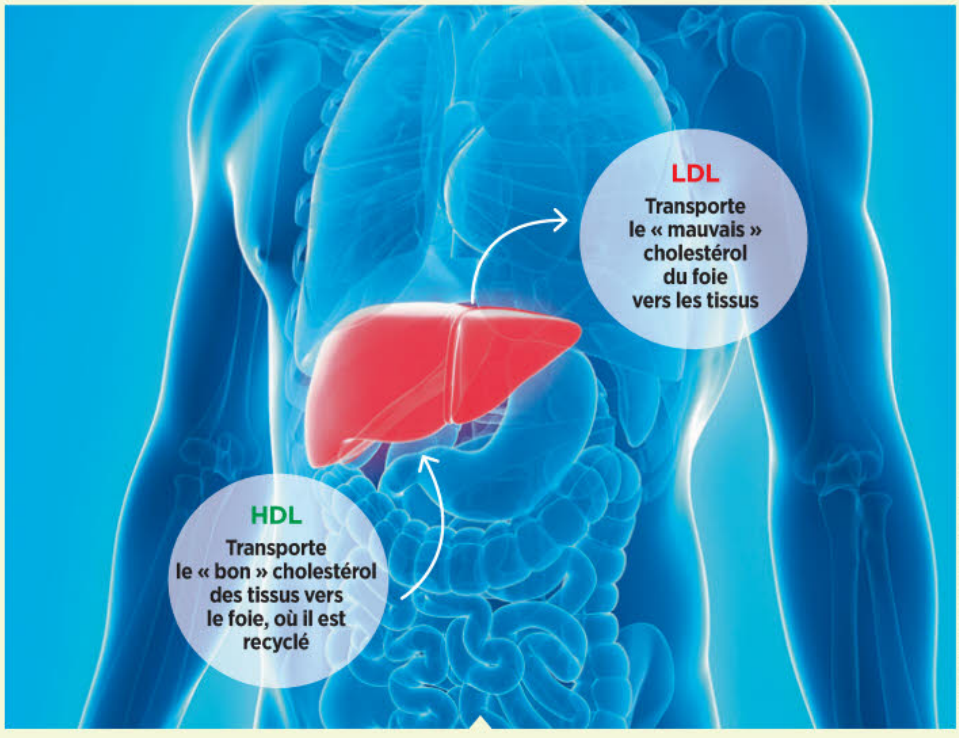
MEDICALRF.COM / SCIENCE PHOTO LIBRARY / COSMOS

La biologie des particules du HDL-cholestérol (en photo) s'est révélée bien plus complexe que celle des particules LDL.

Le développement de deux médicaments est arrêté

Ce sont plusieurs études publiées courant 2012 et mars 2013 qui ont remis en question l'idée selon laquelle il suffirait d'augmenter le taux du « bon » cholestérol pour que le tour soit joué. Ce fut tout d'abord la consternation lorsque le laboratoire Roche a annoncé, en mai 2012, l'arrêt du développement du dalcetrapib, une molécule permettant d'augmenter les taux de HDL-cholestérol de 30 à 35 %. Le verdict est tombé comme un couperet : le dalcetrapib ne protège pas de la survenue d'accidents cardio-vasculaires (1). Cet abandon faisait suite à une autre interruption prématurée six ans plus tôt (2006), en raison d'importants effets secondaires, d'un essai clinique évaluant une molécule reposant sur le même principe, le torcetrapib de la firme Pfizer (2). Deux autres molécules

Deux grandes classes de lipoprotéines



SCIEPRO / SCIENCE PHOTO LIBRARY/COSMOS

Le cholestérol transporté par les lipoprotéines HDL a acquis une réputation de « bon » cholestérol au cours des trente dernières années, sur la foi d'études montrant qu'un taux élevé de ce HDL-cholestérol est associé à une diminution du risque d'accidents coronariens, un taux bas étant associé à un risque élevé.

développées par Merck (anacetrapib) et Lilly (evacetrapib) sont cependant toujours en essai clinique aujourd'hui. Le coup de grâce est finalement venu en août 2012 lorsqu'une étude américaine publiée par *The Lancet* (3) a montré que des personnes génétiquement programmées pour avoir un taux élevé de « bon » cholestérol avaient le même risque de faire un infarctus que les autres ! « *Le dogme a été renversé*, déclare le Pr Alan Tall (Columbia University, New York). *Il est devenu impossible de défendre l'hypothèse HDL-cholestérol selon laquelle toute augmentation de ce taux, quel que soit le mécanisme, peut réduire le risque cardio-vasculaire.* » « *On s'est clairement trompé, mais il aura fallu conduire des essais thérapeutiques contre placebo pour s'en rendre compte* », poursuit le Pr Éric Bruckert (hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris). « *L'idée qu'une augmentation de la concentration de HDL-cholestérol protégerait directement de l'athérosclérose était trop simpliste. Les récents résultats montrent que le HDL-cholestérol ne serait qu'un marqueur de risque cardio-vasculaire et non un facteur causal* », indique le Pr Robert Hegele de l'université Western Ontario (Canada). En d'autres termes, le « bon » cholestérol véhiculé par les transporteurs HDL ne protège pas en soi de l'athérosclérose. Ne pas faire de différence entre corrélation et causalité revient à prendre l'échelle transportée par le camion (HDL) des pompiers, statistiquement souvent présente sur le lieu d'un sinistre, pour la cause de l'incendie ! Et à faussement conclure que plus l'échelle du véhicule des pompiers est longue, plus elle éteint l'incendie. « *Cette remise en question fondamentale de la relation causale entre HDL-cholestérol et maladies cardio-vasculaires constitue une vraie révolution* », estime le Pr Bruckert.

Le « bon » cholestérol ne protège pas en soi de l'athérosclérose

La qualité des HDL compte plus que leur quantité

Dès lors, reste à comprendre les raisons pour lesquelles l'hypothèse HDL-cholestérol a capoté. Et les premières pistes se dessinent. À commencer par le HDL lui-même. En réalité, le nombre de particules HDL dans le sang renseigne plus sur le risque cardiovasculaire que la simple mesure du cholestérol qu'elles transportent. Une étude américaine publiée l'an dernier (4) a montré qu'un faible nombre de HDL était associé à un risque de survenue précoce d'athérosclérose de l'artère carotide, quel que soit le taux de HDL-cholestérol. Preuve que ce qui compte n'est pas forcément le volume de la cargaison du « bon » cholestérol mais bien son transporteur.

Mais plus encore que la quantité de particules HDL, leur « fonctionnalité », autrement dit leur qualité, semble déterminante. En d'autres termes, ce n'est pas tant le nombre de camions qui importe que le professionnalisme de pompiers bien équipés. D'ailleurs, de plus en plus de données montrent que, dans certains troubles métaboliques et/ou prédispositions génétiques, les particules HDL peuvent présenter des dysfonctionnements alors même qu'elles transportent d'importantes quantités de HDL-cholestérol.

Car — et les spécialistes ont peut-être eu trop tendance à l'oublier —,

HANS HORDIJK BARENDRECHT

« Le développement d'examens biologiques fiables, peu chers, facilement disponibles, est un enjeu majeur en médecine cardio-vasculaire »

John Chapman, lipidologue, Inserm, hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris

les HDL ne sont pas que des convoyeurs, ce sont aussi des aspirateurs du cholestérol cellulaire qu'elles transportent ensuite en vue de son élimination. Ainsi, il a récemment été montré que les personnes dont les particules HDL sont toujours capables *in vitro* d'aspirer le cholestérol en excès dans les cellules de la paroi artérielle ont significativement moins de risque que les autres de présenter des signes d'athérosclérose coronarienne, et ce, quel que soit leur taux de « bon » cholestérol (5). De quoi relativiser l'importance qu'on accorde au sacro-saint HDL-cholestérol, les fonctions des HDL se révélant plus importantes que leur cargaison de cholestérol, qui n'est d'ailleurs qu'une partie du chargement.

« *Une particule HDL peut contenir jusqu'à 300 lipides différents et un grand nombre de diverses protéines* », précise le Pr John Chapman (Inserm, hôpital de la Pitié-Salpêtrière, Paris), ancien président de la Société européenne d'athérosclérose. Les multiples combinaisons possibles expliquent l'extrême variété des HDL, qui représentent une constellation de particules de taille, composition et fonctions différentes. « *C'est la composition en lipides et en protéines qui confère leur fonction aux lipoprotéines HDL* », souligne le Pr Chapman. Ainsi, les HDL de petite taille, riches en protéines, « captent » avec une grande efficacité le cholestérol en excès dans les cellules. Surtout, les lipoprotéines HDL ne se cantonnent pas à transporter le cholestérol qu'elles captent, elles possèdent également des propriétés antioxydantes, anti-inflammatoires, et même anti-infectieuses. Tout se passe donc comme si les HDL chargées de convoyer le cholestérol avaient également à bord des techniciens spécialisés chargés de l'entretien des artères.

Mieux comprendre la fonction des particules HDL

De même que des conditions météorologiques (neige, gel, verglas, grêle) peuvent endommager les véhicules, perturber le transport sur les routes, et même être responsables d'accidents, la composition et la fonctionnalité des particules HDL peuvent être altérées en fonction de « l'environnement métabolique ». Les HDL présentent ainsi des dysfonctionnements en cas d'hypertriglycéridémie, d'obésité, de diabète ou de syndrome métabolique, états chroniques associés à un risque d'accident cardio-vasculaire élevé. Le fonctionnement des HDL laisse aussi à désirer lors d'un état inflammatoire, des protéines de l'inflammation pouvant prendre la place d'un grand nombre de protéines ApoA1, pièces centrales de la structure des transporteurs. Tout se passe alors comme si des passagers s'installaient à bord des convois HDL, forçant des techniciens qualifiés à en descendre. Tout l'enjeu de la recherche sera donc dorénavant de mieux comprendre les fonctions des HDL, qui n'ont été considérés jusqu'à présent par l'industrie pharmaceutique que comme de simples « camions » transportant une cargaison qu'il fallait à tout prix augmenter, de quelque manière que ce soit, au motif qu'il s'agissait du « bon » cholestérol. « *Il importe désormais de prendre en compte les caractéristiques des particules HDL et d'aller au-delà du HDL-cholestérol* », explicite le Pr Després. Les chercheurs devront en particulier déterminer quels composants des lipoprotéines HDL sont essentiels à leur fonctionnement.

À terme, c'est l'estimation quantitative et qualitative des particules HDL qui remplacera le dosage du HDL-cholestérol sanguin. « *Le développement d'examens biologiques fiables, peu chers, disponibles dans tous les grands groupes hospitaliers, est un enjeu majeur en médecine cardio-vasculaire* », affirme le Pr Chapman. Selon ce lipidologue, pour découvrir des pistes de traitement susceptibles de restaurer ou stimuler la fonctionnalité des HDL, il est « *plus que temps* » d'arrêter de se focaliser sur le « bon » cholestérol pour mieux exploiter l'hétérogénéité fonctionnelle de son transporteur. Façon de dire que le HDL-cholestérol n'est rien sans le HDL. L'âge d'or du tout HDL-cholestérol est définitivement révolu. Vive le HDL ! ■ **M. G.**

POUR EN SAVOIR PLUS

Le rôle du cholestérol dans l'apparition des maladies cardio-vasculaires :
▶ http://sciav.fr/19fW16n

L'histoire de la lutte contre le cholestérol :
▶ http://sciav.fr/122ut2u

Le site de la Fédération française de cardiologie :
▶ http://sciav.fr/13hy7s0

La protection contre l'athérome sur le site de la Nouvelle Société française d'athérosclérose :
▶ http://sciav.fr/122uL9j

LE + NUMÉRIQUE
Une vidéo sur le rôle des lipoprotéines HDL (en anglais) **http://sciav.fr/14HR3OK**

(1) Schwartz GG, et al. N Engl J Med. 2012 Nov 29;367(22):2089-99.
(2) Barter PJ, et al. N Engl J Med. 2007 Nov 22;357(21):2109-22.
(3) Voight BF, et al. Lancet. 2012 Aug 11;380(9841):572-80.
(4) Mackey RH et al. J Am Coll Cardiol. 2012 Aug 7;60(6):508-16.
(5) Khera AV et al. N Engl J Med. 2011 Jan 13;364(2):127-35.

LICHTBLICK MEDIA présente

FESTIVAL DU FILM DE LOCARNO
Grand Prix - Semaine de la Critique

FESTIVAL DU FILM DE ROTTERDAM
Bright Future

FESTIVAL DU FILM DE BERLIN
German Cinema - LOLA@Berlinale

DOK LEIPZIG
Prix Goethe Institute

Ne m'oublie pas

Un film de David Sieveking

Un film documentaire filmé comme une fiction, à mi-chemin entre l'enquête policière et la chronique familiale...

Plongée atypique -entre humour et émotion, mais tout en justesse et en délicatesse- dans le quotidien d'une famille qui se redécouvre en faisant face à la maladie d'Alzheimer d'un des leurs...

Indispensable !

Contribuez à la formation des aidants :

Téléchargez le film en vidéo à la demande (VOD) en avant-première exceptionnelle du 21 au 24 septembre

(1 € par téléchargement reversé à France Alzheimer)

Plus d'informations sur le site du film

EN SALLES À PARTIR DU 25 SEPTEMBRE

Retrouvez toutes les avant-premières et la liste des salles sur **www.nemoubliepas-lefilm.com**

SCÉNARIO & RÉALISATION David Sieveking DIRECTEUR DE LA PHOTOGRAPHIE Adrian Stähli SON Juri von Krause Johannes Schmelzer-Ziringer MUSIQUE ORIGINALE Jessica de Rooij MIXAGE SON Björn Wiese MONTAGE Catrin Vogt PRODUCTEURS ASSOCIÉS Claudia Gladziejewski Monika Lobkowicz Jochen Kölsch Liane Jessen CO-PRODUCTEUR David Sieveking PRODUCTEURS Martin Heisler Carl-Ludwig Rettinger Une production LICHTBLICK MEDIA en coproduction avec LICHTBLICK FILM Bayerischer Rundfunk Arte Hessischer Rundfunk en collaboration avec FFA DFFF Medienboard Berlin-Brandenburg Film-und Medienstiftung NRW Hessische Filmförderung

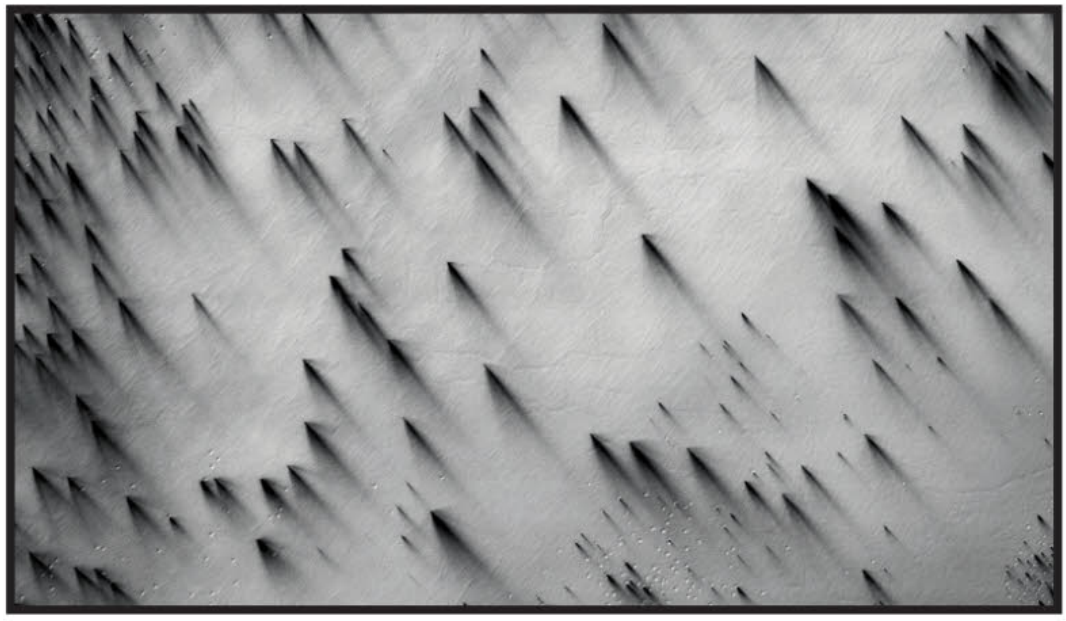
dissidenz www.dissidenzfilms.com

german films

GOETHE INSTITUT

Causette

arte



Les éventails et polygones du pôle sud. Ces triangles sombres sont des geysers qui se forment au printemps, lors du dégivrage. Sur la glace claire, s'étalent ainsi les poussières sombres du matériau sous-jacent.

Mars
Planète graphique

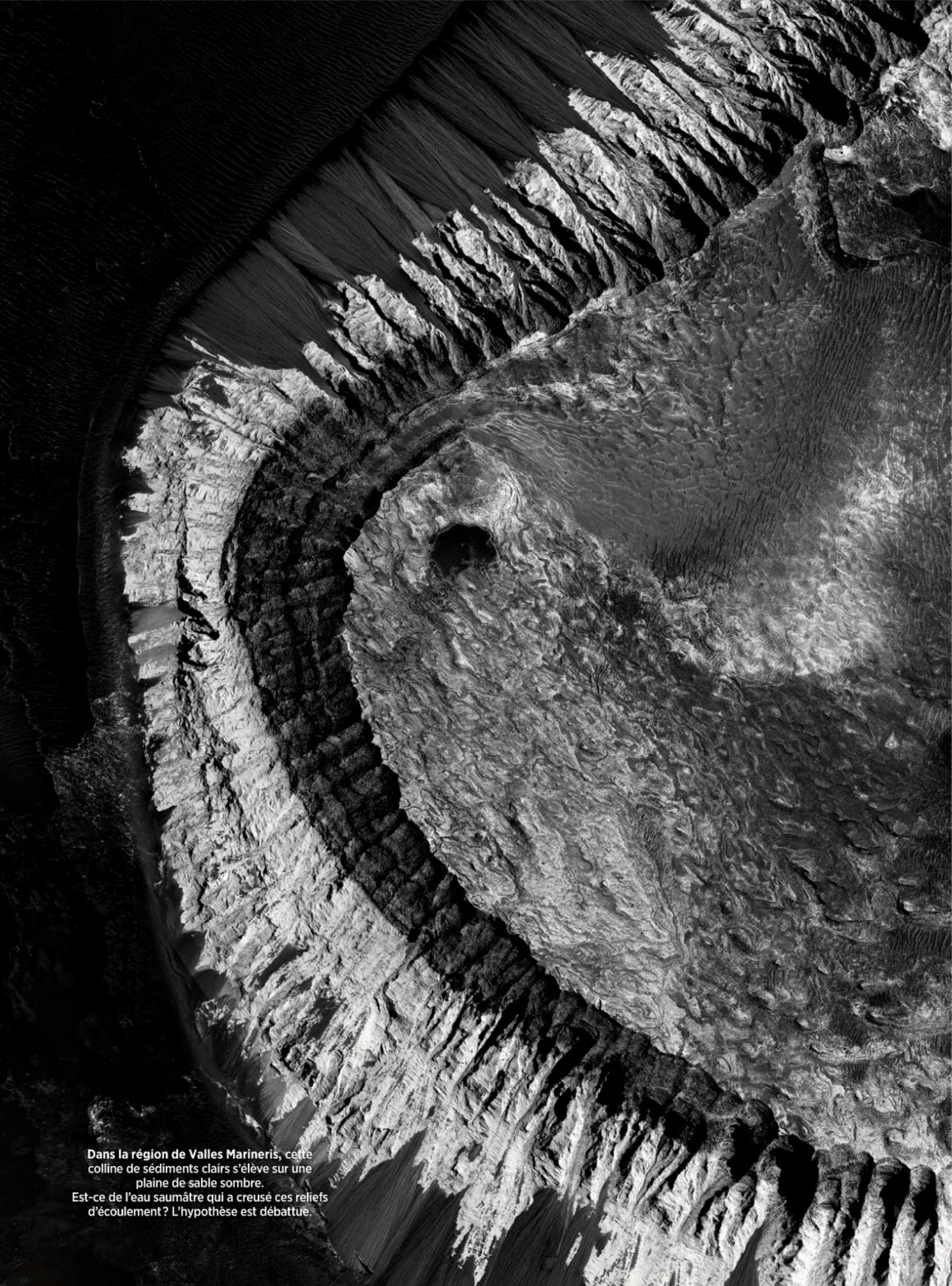
Un somptueux noir et blanc pour révéler la planète Rouge : voici d'étonnantes photos inédites prises par une caméra embarquée à bord du satellite MRO de la Nasa.

Mars comme on ne l'a jamais vue : *« C'est comme si vous voyagiez au-dessus du sol à mille mètres d'altitude, installé dans une montgolfière »*, explique Francis Rocard, responsable de l'exploration du Système solaire au Cnes, le Centre national d'études spatiales. Ces images ont été prises par la caméra HiRISE (High Resolution Imaging Science Experiment), embarquée à bord du satellite Mars Reconnaissance Orbiter de la Nasa (MRO), qui depuis 2006 a engrangé quelque 200 000 images... inconnues du public. De fait, elles donnent à voir des paysages immenses par le petit bout de la lorgnette. Là où les autres instruments ont une précision de 10 mètres, cette caméra capture des détails de 30 centimètres. Avec ce changement d'échelle, *« vous avez le nez sur le tableau*, remarque Francis Rocard. *Pour des formations de 1000 kilomètres, la caméra n'en dévoile que six »*. Autre écueil : l'essentiel de ces clichés est en noir et blanc. *« En réalité, la couleur de Mars est terne*, commente Francis Rocard. *La plupart des photos sont en fausses couleurs pour maximiser les détails. »* C'est donc de manière sobre et avec une précision sans égale, que ces clichés présentés par l'éditeur Xavier Barral, exposent une planète sculptée depuis 3,5 milliards d'années par les vents. *« Une poussière d'un micron qui s'ajoute à une autre pendant 1 million d'années, cela fait un relief d'un kilomètre*, remarque Francis Rocard. *Et sans érosion, cela donne des reliefs immenses, uniques. »* De l'époque où l'eau coulait à flots, il reste également des vallées de débâcle, des fleuves asséchés. Enfin, les pôles de la planète sont à chaque printemps le théâtre de phénomènes de grande ampleur, la chaleur faisant jaillir des champs de geyser, fracturant en dentelle la glace. Du grand spectacle dans un désert planétaire ! ■

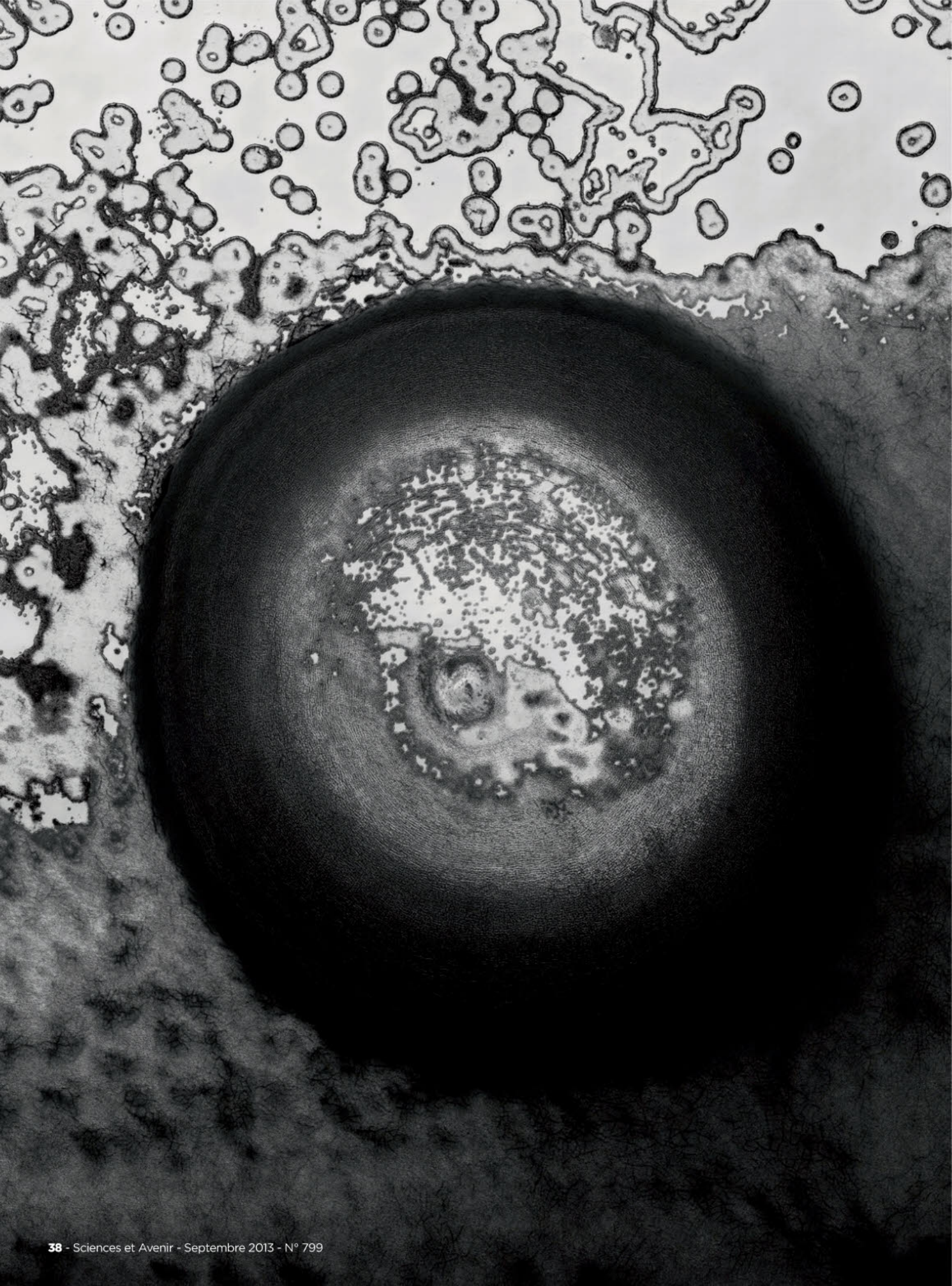
Sylvie Rouat

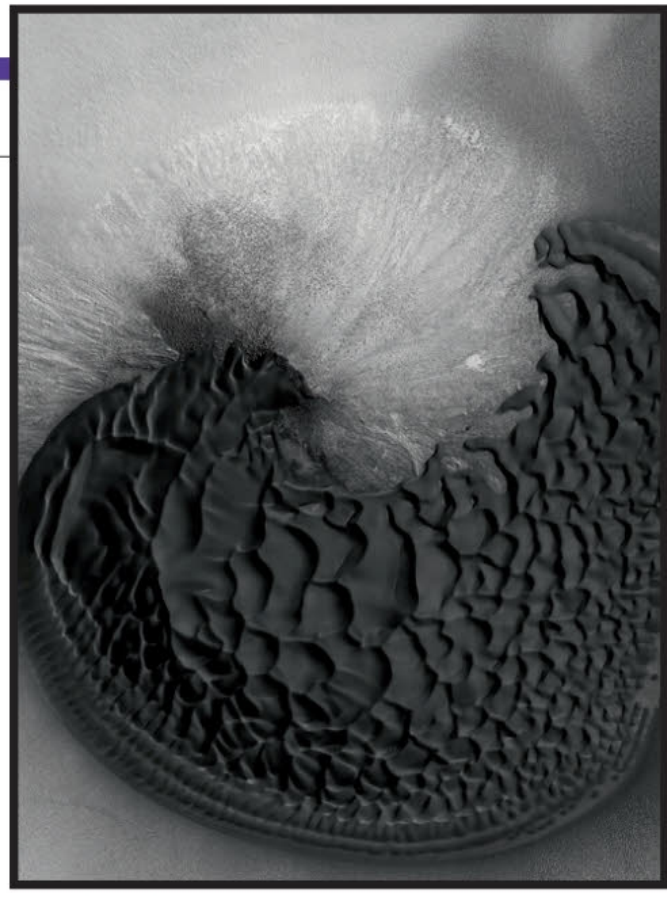
Photos extraites de « Mars, une exploration photographique », par Francis Rocard, Alfred S. McEwen et Xavier Barral, Éditions Xavier Barral. Exposition aux Rencontres d'Arles, jusqu'au 22 septembre. Projection dans l'exposition « Vues d'en haut », Centre Pompidou-Metz, jusqu'au 7 octobre.

PHOTOS: NASA/JPL/THE UNIVERSITY OF ARIZONA/ÉDITIONS XAVIER BARRAL



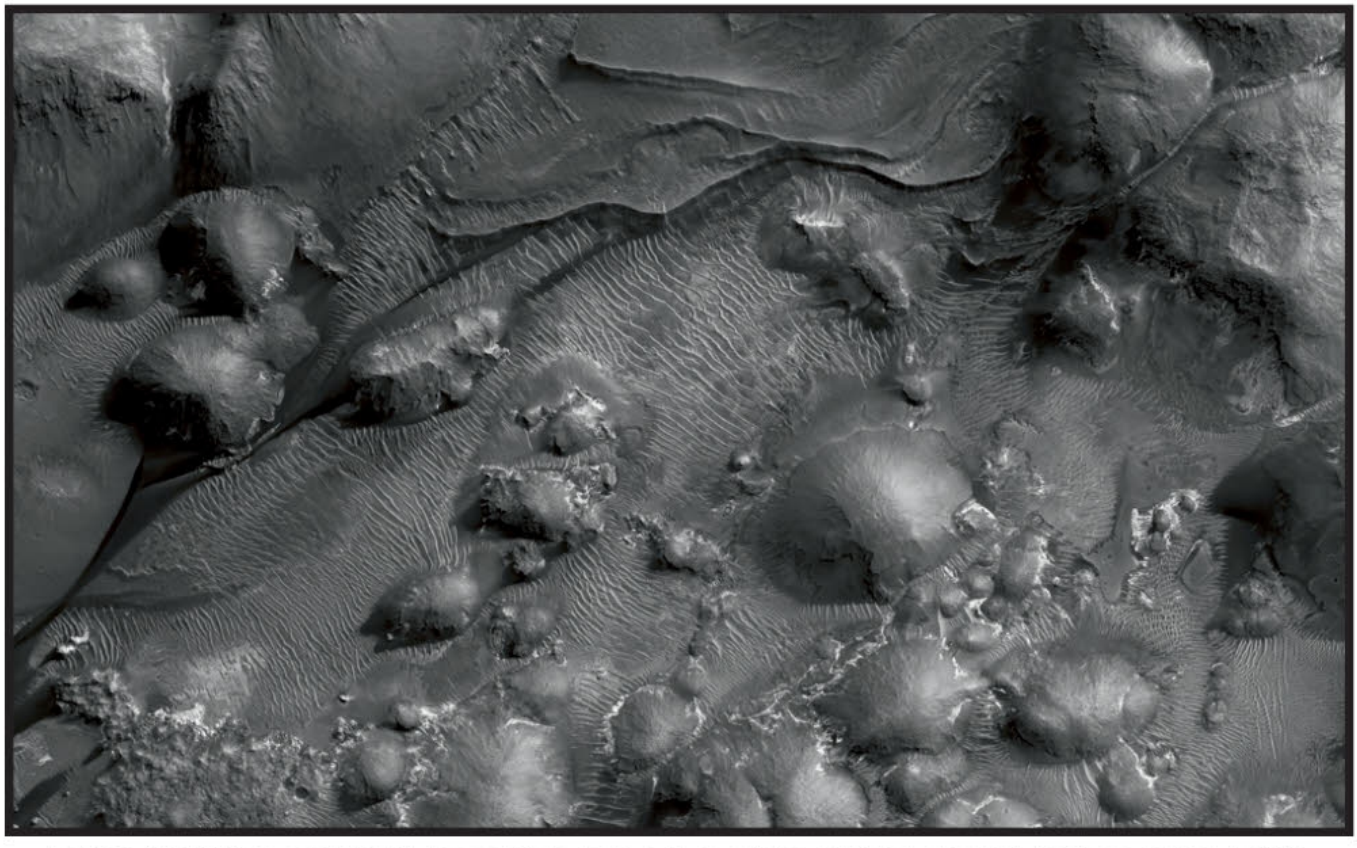
Dans la région de Valles Marineris, cette colline de sédiments clairs s'élève sur une plaine de sable sombre. Est-ce de l'eau saumâtre qui a creusé ces reliefs d'écoulement ? L'hypothèse est débattue.





Un champ de dunes de sable noir s'est enroulé autour d'un relief au sein d'un cratère.

La caméra orbite bien plus bas que les autres satellites, captant ainsi des détails inédits. À tel point que pour reconnaître et décrire les modelés photographiés, il a fallu faire appel à un géomorphologiste.



La région d'Aram Chaos, parsemée de buttes arrondies hautes de quelques centaines de mètres qui dominent des champs de dunes parallèles. Les liserés blancs correspondent à des résidus de dépôts sédimentaires contenant des sulfates.

Des « fromages suisses » dans la région du pôle sud. C'est ainsi que l'on nomme ces liserés clairs de givre hivernal. Les zones sombres sont de la glace gorgée de poussières. Au centre, un cratère doté d'un piton. Les formes circulaires correspondent à de la glace carbonique en cours de volatilisation.

Jean-Yves Le Gall, président du Cnes

Lanceur de poids

Le nouveau patron du Centre national d'études spatiales doit relever un défi de taille : imposer le lanceur européen Ariane 6 face à la concurrence des pays émergents.

C'EST UN MARSEILLAIS, *tout de passions et d'humour, mais qui se donne l'allure d'un moine-soldat.* » Cet homme paradoxal que décrit Philippe Berterottière, son ancien bras droit à Arianespace, c'est Jean-Yves Le Gall, 54 ans, le nouveau président du Cnes (Centre national d'études spatiales). Un Buster Keaton avec l'âme d'un Marcel Pagnol.

Dans son vaste bureau austère, uniquement décoré de maquettes de satellites et de lanceurs, il déploie sa haute silhouette pour saisir celle d'Ariane 6, la fusée qui devrait remplacer Ariane 5 à l'horizon 2020. Son nouveau cheval de bataille. Au mur, une image du Big Bang. En harmonie avec sa pensée, note-t-il. « *La place de Jean-Yves est dans l'espace. Pour lui, c'est une passion, une vision* », résume son ami Jean-Jacques Dordain, président de l'Agence spatiale européenne (ESA), surnommé « *le doudou de Jean-Yves* » par la ministre de la Recherche, Geneviève Fioraso. « *Depuis plus de dix ans, en effet, il n'y a aucun lancement sans que nous soyons reliés en direct par téléphone, lui à Kourou, moi où je me trouve, au gré de mes missions. Pour lui, je fais partie de l'ensemble des paramètres qui permettent de faire un lancement réussi* », s'amuse celui qui est à la tête de l'espace européen.

ERIC PIERMONT/AFP

BIO EXPRESS

30 avril 1959 Naissance à Marseille.
1981 Docteur-ingénieur en optique et traitement du signal, il entre au CNRS comme chercheur en astronomie.
1985 Chargé de mission au ministère de l'Industrie.
1988 Conseiller technique au cabinet de Paul Quilès, ministre des Postes, des Télécommunications et de l'Espace.
1993 Directeur général de la société Novespace.
1996 Directeur général adjoint du Cnes.
1998 P-DG de Starsem
2001 P-DG d'Arianespace.
2013 Président du Cnes.

Fils et petit-fils d'officiers de marine, Jean-Yves Le Gall a choisi très jeune d'autres horizons à conquérir. Diplômé de l'Ecole supérieure d'optique de l'université de Paris-Sud, il revient dans sa ville natale, Marseille, en 1981 comme chercheur au laboratoire d'Astronomie spatiale (CNRS). « *J'ai travaillé alors sur la mission Hipparcos* », se souvient-il avec plaisir, un satellite qui a permis d'établir un catalogue précis de 2,5 millions d'étoiles. Depuis lors, l'homme garde un œil sur le cosmos et se dit « *très excité* » par la perspective du lancement, en octobre, de Gaia, le successeur d'Hipparcos, un instrument 50 fois plus précis.

Il fourbit ses armes de fin animal politique

De la voûte astrale, Jean-Yves Le Gall est cependant passé rapidement aux lambris dorés des ministères pour s'être fait remarquer par le président du Cnes de l'époque, Hubert Curien qui, devenu ministre de la Recherche et de la Technologie en 1984, lui confie les relations avec l'industrie spatiale. C'est à cette époque que le fan des Rolling Stones et de Bruce Springsteen, l'amoureux de la mer et des bateaux, fourbit ses armes de fin animal politique, qui lui serviront ensuite tout au long de sa carrière. « *Il a du flair dans les rapports de force, anticipe les écueils, a une communication maîtrisée*, analyse Philippe Berterottière. *La contrepartie, c'est qu'il est dans la tactique plutôt que dans la stratégie à long terme...* »

La trentaine arrivée, il s'offre une parenthèse en apesanteur. À la tête de Novespace, une filiale du Cnes, il met en œuvre l'Airbus 0G, un avion qui, à l'aide de vols paraboliques, s'affranchit des effets de la pesanteur pour réaliser des

ESA/CIEL ET ESPACE

En douze ans, l'ancien P-DG d'Arianespace aura conduit Ariane 5 au succès, avec pas moins de 55 lancers réussis d'affilée.

expériences scientifiques. Une période d'amusement, confesse-t-il. Avant sa véritable mise en orbite, en 1998.

À 39 ans, le voilà propulsé à la tête de Starsem, une société russo-européenne balbutiante de lancements de sondes et de satellites. Mais les Russes voient alors d'un mauvais œil la nomination d'un homme qui n'a pas *« un âge raisonnable ». « J'ai eu beaucoup de chance : à la même époque, en Russie, Sergueï Kirienko est devenu Premier ministre à l'âge de 36 ans. Dès lors, les Russes pouvaient difficilement dire que j'étais trop jeune ! »*, s'amuse aujourd'hui Jean-Yves Le Gall, dont la tâche a pourtant été rude. Pas facile, à cette époque, de traiter avec des Russes et des Kazakhs peu enclins aux changements. L'homme va alors mettre au point son vademecum de la négociation, entre sensibilité psychologique et ténacité respectueuse. *« Il a la notion d'engagement chevillée au corps, il est coriace, ne faiblit pas devant l'adversité »*, décrit avec admiration Michel de Rosen, directeur général de l'opérateur de satellites Eutelsat. Et la réussite est à la clé puisque Starsem, entreprise hautement périlleuse, devient un succès commercial qui se conclut avec l'arrivée de la fusée Soyouz à Kourou, en Guyane, en 2011.

Mais l'homme va connaître l'échec. Brutal. Amer. En 2002, à peine nommé à la tête d'Arianespace, la société qui commercialise les vols des fusées européennes, il dirige le vol 157, celui de la première Ariane 5 de 10 tonnes d'emport, censé marquer le renouveau de la société. Quelques minutes à peine après le décollage, l'impensable se produit : Jean-Yves Le Gall est contraint d'ordonner la destruction de l'engin à la suite d'une défaillance du moteur. *« Les plus hautes instances se sont alors posé la question de mettre la clé d'Arianespace sous la porte… »*, rappelle Michel de Rosen. Jean-Yves Le Gall tient son cap. Deux ans et demi plus tard, Ariane 5 vole à nouveau. *« Avec son opiniâtreté, sa grande capacité de travail, il a conduit Arianespace au redressement qui a fait d'Ariane 5 le lanceur le plus sûr au monde »*, commente aujourd'hui Michel de Rosen.

Il prépare l'Europe au défi des vingt prochaines années

Dans ce bureau qui domine le quartier des Halles, Jean-Yves Le Gall se concentre sur son nouvel horizon, celui qu'il a fixé pour le Cnes : préparer l'Europe au challenge des vingt prochaines années dans le domaine des satellites et des lanceurs. *« Il faut faire face aux pays émergents et aux nouveaux acteurs privés américains. »* La botte ? Ariane 6 notamment. Dès son arrivée au Cnes, il s'est lancé tous azimuts dans une partie d'échecs européenne. Avec toute l'expérience d'un vieux loup du secteur, qui a évolué en même temps que l'histoire. *« J'ai commencé ma carrière en 1981, vingt ans après le vol de Gagarine. Le spatial était jeune, je l'étais aussi. C'était encore l'affaire de pionniers. Aujourd'hui, 52 ans après, l'espace est devenu adulte : il fait partie de notre vie. »* ■

Sylvie Rouat

« Il a la notion d'engagement chevillée au corps, il est coriace, ne faiblit pas devant l'adversité »

Michel de Rosen, directeur général d'Eutelsat

Les statistiques, un outil pour comprendre l'évolution du paysage

Les géographes disposent de méthodes statistiques très élaborées pour mesurer, par exemple, le recul d'un glacier... en comptabilisant les lichens.

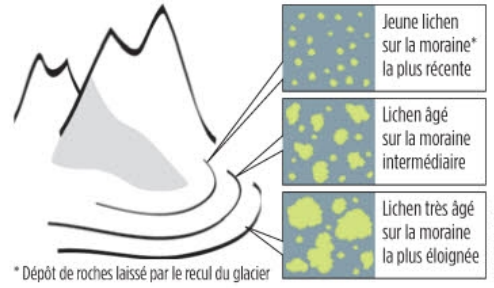
IL EST DIFFICILE DE MESURER LE RECUL DES GLACIERS et d'évaluer la perte de leur masse, si l'on ne dispose pas de photographies aériennes datées. Pour pallier cette difficulté, les géographes traquent le moindre indice naturel comme la présence de lichens. Ces organismes, associant un champignon et une algue ou une cyanobactérie, forment des cercles jaunes et verts qui colonisent très rapidement les surfaces rocheuses (moraines) laissées à l'air libre. *« Si l'on parvient à déterminer l'âge des premiers lichens qui se sont formés sur les roches, on peut estimer l'époque où le glacier s'est retiré »*, explique ainsi Delphine Grancher, mathématicienne au Laboratoire de géographie physique du CNRS à Meudon (Hauts-de-Seine).

Les statistiques entrent alors en jeu pour évaluer cet âge. Il faut d'abord repérer l'échantillon, à savoir les premiers lichens à s'être installés sur la pierre, qui sont les plus anciens. *« Certains individus croissent plus rapidement que d'autres. L'idée est donc de ne pas considérer uniquement le plus gros, mais les plus gros »*, précise la chercheuse. Pour déterminer leur âge — qui dépend des conditions météorologiques – l'astuce consiste ensuite à rechercher dans un rayon de quelques kilomètres autour du glacier des monuments également colonisés par les lichens, mais dont on peut dater la construction. Connaissant le diamètre des lichens et l'âge des monuments on peut alors estimer l'âge de la moraine... à condition de faire les bons calculs !

Une nouvelle méthode pour un résultat plus précis

Jusqu'alors, la méthode suivie par les géographes était d'établir la moyenne des 5 ou 10 plus gros lichens et d'appliquer le théorème « central limite ». *« Mais ce théorème ne peut s'appliquer que si l'on utilise une population sans échantillonnage préalable ! Or, en l'occurrence, on effectue une présélection au sein de l'échantillon de lichens en choisissant les plus gros »*, explique la chercheuse qui est à l'origine de l'utilisation d'une autre méthode statistique, la théorie « des valeurs extrêmes » *(lire l'encadré ci-dessous)*. Résultat : les âges calculés jusqu'alors ont été parfois surestimés, parfois sous-estimés... Il faut donc revoir le calcul du recul des glaciers partout dans le monde en utilisant cette méthode qui a l'avantage d'être exacte du point de vue mathématique. ■

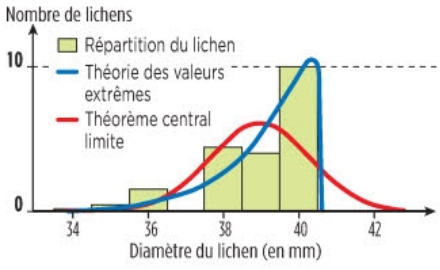
Azar Khalatbari



La détermination de l'âge des lichens poussés sur la roche mise à nu par le recul du glacier permet de calculer quand cet événement s'est produit. L'âge des lichens est évalué selon leur grosseur.

THÉORIE

La méthode des valeurs extrêmes, pour une estimation au plus juste



Cet outil statistique est utilisé pour modéliser des événements extrêmes (les catastrophes naturelles pour les compagnies d'assurance ou encore le suivi des individus de grande taille). Elle nécessite une présélection d'échantillons pour ne considérer que les événements les plus extrêmes. De ce fait, les conditions d'utilisation du théorème « central limite » — qui s'applique à la moyenne des mesures par exemple — ne sont pas réunies. La moyenne « noie » en effet les valeurs extrêmes car elle ne permet pas de différencier par exemple une population homogène d'un groupe composé de très petits et très grands individus. La théorie des valeurs extrêmes est certes plus complexe mais offre une idée plus juste de la répartition des événements extrêmes.

ASSOCIATION FRANCE ALZHEIMER®
www.francealzheimer.org

Un malade, c'est toute une famille qui a besoin d'aide

MALADIE D'ALZHEIMER

AIDEZ-NOUS À NE PAS OUBLIER...

Aujourd'hui 3 millions* de personnes souffrent de la maladie d'Alzheimer.

L'Association France Alzheimer ACCOMPAGNE et SOUTIENT partout en France, les malades et leurs proches au travers d'actions concrètes : groupes de parole, formation des aidants, Cafés Mémoire France Alzheimer®, soutien psychologique, Séjours Vacances-Répit Alzheimer®...

France Alzheimer contribue par ailleurs à faire avancer LA RECHERCHE, à MOBILISER les pouvoirs publics et FORMER les professionnels.

Sans votre don, nous ne pouvons agir, soutenez-nous : www.francealzheimer.org

DON en CONFIANCE comitecharte.org

***FRANCE ALZHEIMER**, seule association de famille reconnue d'utilité publique, habilitée à recevoir des dons et legs en exonération de droits.*

*Les malades et leur entourage - © Jean-Louis Courtinat - 2013Sciences&Avenir

Le sursaut gamma, corne d'abondance de l'or ?

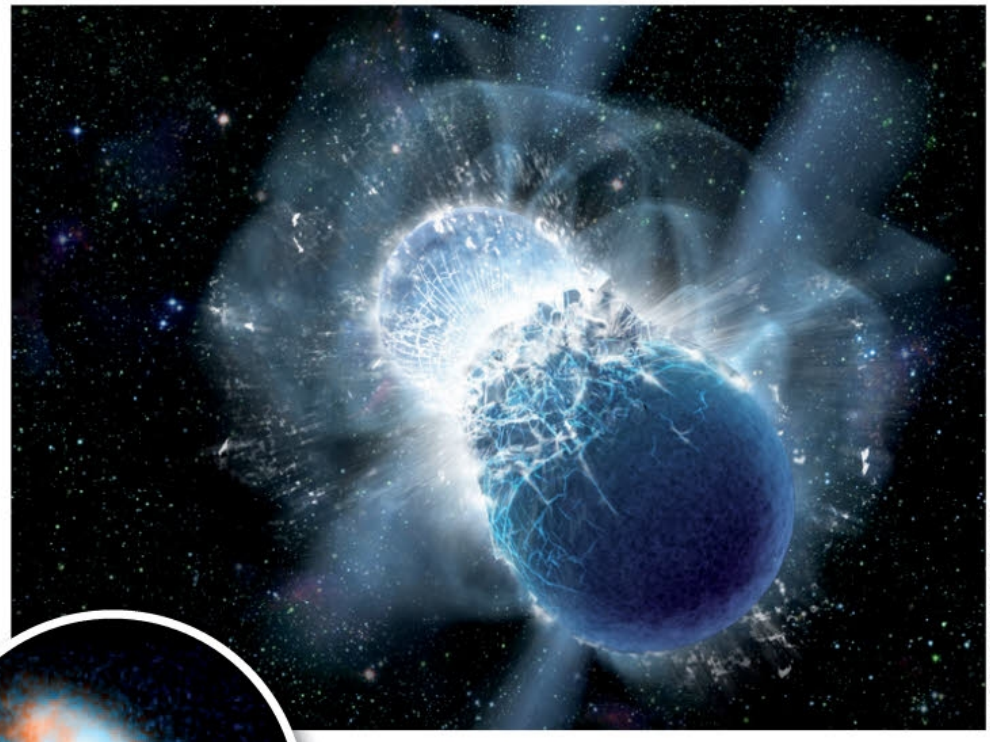
Une équipe de chercheurs américains explique l'origine — et l'abondance — des éléments chimiques plus lourds que le fer, comme l'or, par des collisions d'étoiles à neutrons.

L'OR SE FORME LORS D'UN GIGANTESQUE FEU D'ARTIFICE COSMIQUE. L'origine du métal jaune que nous chérissons sous forme de lingot ou de bijoux vient d'être repensée par l'équipe d'Edo Berger au centre d'Astrophysique de l'université Harvard (Massachusetts, États-Unis). Jusqu'à présent, les théories en vigueur ne permettaient pas de rendre compte de l'abondance dans l'Univers de l'or comme des autres éléments chimiques plus lourds que le fer, tels le platine ou le mercure. La nouvelle hypothèse des scientifiques américains « colle » parfaitement. L'or se formerait au cours d'une des plus violentes explosions que connaît l'Univers : un sursaut gamma (Gamma Ray Burst, GRB en anglais), une bouffée intense de rayons gamma, qui libère en une fraction de seconde quelques centaines de fois l'énergie dispensée par le Soleil au cours des 10 milliards d'années de son existence !

Un tel événement a justement embrasé le ciel le 13 juin 2013, au sein d'une galaxie située à 4 milliards d'années-lumière de la Terre. Le satellite américain Swift et le télescope spatial Hubble ont enregistré les détails de cette explosion lointaine baptisée GRB 130603B.

La formation des noyaux atomiques des différents éléments chimiques (qui s'ordonnent dans le fameux tableau de Mendeleïev, *voir ci-contre*), autrement dit la nucléosynthèse, s'effectue selon une théorie élaborée au lendemain de la Seconde Guerre mondiale. Alors que l'Univers était âgé de moins de trois minutes, les nucléons — composants du noyau atomique — ont trouvé suffisamment d'énergie dans ce milieu extrêmement chaud et dense pour s'associer et former les éléments légers, de l'hydrogène essentiellement. Les premières étoiles se sont ensuite formées à partir de ce gaz et c'est en leur cœur, tout au long de leur évolution, que se fabriquent les éléments les plus lourds par des réactions de fusion nucléaire qui libèrent beaucoup d'énergie. Ainsi, quatre noyaux d'hydrogène s'associent pour former l'hélium puis, lorsque tout l'hydrogène est consumé, l'étoile puise dans l'hélium pour donner naissance au carbone, à l'azote, à l'oxygène, au fluor, au sodium... et ainsi de suite jusqu'au fer. Enfin, explosant en supernova, l'étoile expulse ces éléments dans l'espace, ensemençant le milieu interstellaire.

Mais dans ce scénario, il manquait la recette des éléments plus lourds que le fer. Jusque-là, les astrophysiciens pensaient qu'ils se



DANA BERRY, SKYWORKS DIGITAL, DNC

NASA, ESA

Ce renflement repéré par le télescope spatial Hubble au sein d'une galaxie serait une explosion (vue d'artiste, en haut) due à la collision de deux étoiles à neutrons.

L'origine des éléments

Les éléments très légers comme l'hydrogène et une partie de l'hélium ont été formés aux premiers instants de l'Univers. C'est la nucléosynthèse primordiale.

Le lithium, le béryllium et le bore (Li, Be, B) sont issus de l'impact des rayons cosmiques sur les atomes de carbone, d'azote et d'oxygène. Le bris de ces atomes fabrique des éléments plus légers.

Ces éléments se sont formés par fusions successives d'éléments légers dans le cœur de l'étoile. C'est la nucléosynthèse stellaire.

Les éléments plus lourds que le fer se seraient formés lors de gigantesques explosions comme celles provoquées par les collisions de deux étoiles à neutrons. C'est la nucléosynthèse explosive.

BETTY LAFON

formaient au cours de ces explosions en supernovae. Sauf que les calculs ont révélé que ce processus ne parvient pas à rendre compte de l'abondance des éléments. D'où l'idée d'une nucléosynthèse explosive surgissant des sursauts gamma.

Une lumière rouge éphémère signe la collision

Le déferlement d'énergie qui caractérise ces explosions résulte d'une collision entre deux « étoiles à neutrons » — c'est ainsi que l'on nomme ces astres si denses qu'une seule cuiller à café de leur matière pèse une centaine de millions de tonnes... « *Le sursaut gamma GRB 130603B a duré deux dixièmes de seconde, cela indique que les deux étoiles à neutrons étaient très proches l'une de l'autre et formaient probablement un système d'étoiles binaires* », explique Kevin Hurley, du Laboratoire des sciences spatiales de l'université de Californie à Berkeley. Le choc de tels titans provoque un environnement très particulier que les astrophysiciens reconstituent grâce à des calculs et des modèles théoriques : tandis que se forme un trou noir, objet très dense et compact, une foule de débris, composés de fragments de cœurs des deux étoiles et de neutrons jusque-là emprisonnés, se trouvent projetés avec des énergies gigantesques... C'est au cours de cette éjection que se dérouleraient des réactions nucléaires à même de donner naissance à des noyaux lourds.

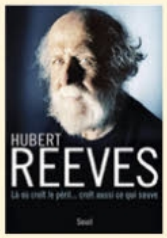
« *Ce phénomène que l'on appelle une "kilonova" se manifeste par une lumière rouge éphémère, juste après le sursaut gamma*, indique Kevin Hurley. *Elle pourrait correspondre à l'éjection d'une grande quantité de masse : les calculs indiquent qu'il y a là l'équivalent de 1 % de la masse du Soleil, une quantité gigantesque. Cette matière transformée lors de l'expulsion devrait être riche en éléments chimiques lourds. Même si l'or constituait seulement 4 % de cette masse, il représenterait l'équivalent de dix fois la masse de la Lune.* » Cet or expulsé dans le milieu interstellaire est incorporé dans les étoiles et à leur éventuel cortège de planètes en formation... pour se retrouver au bout du compte sous forme de filon sur Terre. ■

Azar Khalatbari

Éric Dautriat, Le Cherche-Midi, 154 p., 15 €

L'Espace en quelques mots

Ancien dirigeant du Cnes, Éric Dautriat livre un abécédaire très personnel de l'espace et de son épopée. Les moments historiques sont là, avec le vol Apollo 11 des premiers pas sur la Lune, l'accident d'Apollo 13, le dernier Apollo 17, et les grands acteurs Buzz Aldrin ou Korolev. L'ingénieur qu'est Dautriat s'intéresse aussi aux lanceurs, Ariane, aux navettes, au tourisme spatial, aux satellites et aux déchets spatiaux. Et il y ajoute de la science-fiction, des anecdotes, de l'humour. Un livre idéal pour découvrir l'espace en picorant. ■ **S. R.**



Hubert Reeves, Seuil, 180 p., 17 €

Là où croît le péril... croît aussi ce qui sauve

Dans ce livre d'émerveillement et d'inquiétude, Hubert Reeves met en parallèle l'histoire de l'Univers et celle des êtres humains. La première est faite de coïncidences physiques, d'ajustements de paramètres au sein des étoiles et des galaxies pour que se forgent les ingrédients qui ont permis à la vie d'éclore sur Terre. Après les envolées célestes, vient le temps du constat terrestre. Héritier de cette magie cosmique, l'homme est en train de détruire son environnement et les autres formes de vie. Mais la citation du poète Hölderlin qui donne son titre au livre est pleine d'espoir : un système en crise peut sécréter les bases de son propre changement. ■ **S. R.**

Philippe Walter et François Cardinali, Ed. Michel de Maule, 176 p., 45 €

L'Art-chimie. Enquête dans le laboratoire des artistes

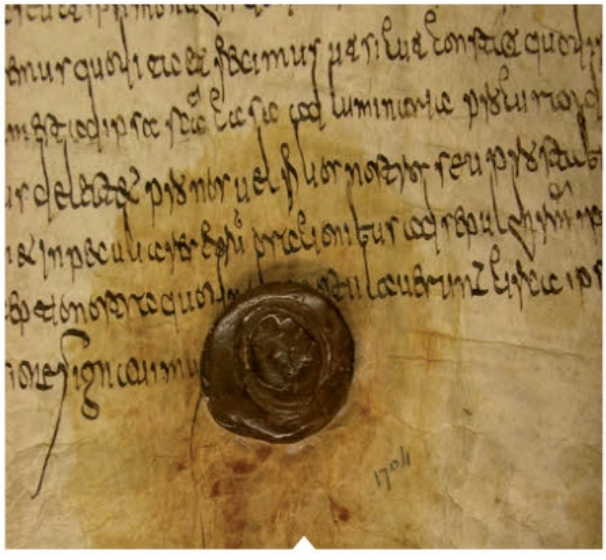
Il y a 5000 ans, les Égyptiens fabriquaient les premiers pigments synthétiques et maquillages. Et avant eux, les hommes préhistoriques avaient déjà inventé des peintures mêlant pigments et liants. Depuis, l'art et la chimie n'ont cessé de s'enrichir mutuellement, la science servant aujourd'hui à comprendre la manière dont les artistes travaillaient, à restaurer les tableaux ou à les authentifier. Un livre érudit et passionnant, avec de pertinentes photos d'œuvres d'art. ■ **C. M.**

Quand le cheveu était roi

Clovis, Charlemagne, Childebert... Des scientifiques ont récemment découvert des cheveux incrustés dans les sceaux de ces monarques. Remettant au jour une croyance d'alors : celle de la puissance liée à la pilosité.

Par Bernadette Arnaud

PARIS, 2007, ATELIER de restauration des sceaux des Archives nationales. Agnès Prévost, responsable des lieux, marque un temps d'arrêt. Alors qu'elle s'apprête à manipuler avec précaution un sceau royal de Childebert III (683-711) destiné à l'exposition « Rome et les Barbares » à Venise, un détail l'intrigue. Des fibres semblent affleurer de l'empreinte de cire, où se dessine encore en léger relief le visage du monarque mérovingien. Est-ce de l'étoupe ? De la filasse provenant des sachets de protection qui enveloppent les précieux objets ? Elle examine alors un sceau de Charlemagne (742-814), également sur le point d'être expédié en Italie. Par transparence, elle observe là aussi la présence de nombreux filaments enroulés dans la cire. La curiosité de la chercheuse est piquée au vif. Pour en avoir le cœur net, la jeune femme décide alors de passer les précieuses reliques au microscope électronique. Et la surprise est totale ! Ces fils sont de la matière organique, autrement dit... des cheveux et des poils de moustache ou de barbe ! Se sont-ils accidentellement trouvés mêlés à la cire au moment de l'impression du sceau ? « *Il y en avait trop pour qu'ils se soient retrouvés là par hasard ! Il fallait bien l'admettre : ces cheveux avaient été incorporés volontairement* », raconte Agnès Prévost.



AGNÈS PRÉVOST/ARCHIVES NATIONALES

Jugement de 751 signé par Pépin le Bref, ordonnant la restitution à l'abbaye de Saint-Denis de terres dont elle avait été spoliée. Le sceau renferme des cheveux du maire du palais.

Depuis, des analyses menées avec l'historienne Marie-Adélaïde Nielen sur 50 parchemins mérovingiens et carolingiens conservés aux Archives nationales, et encore pourvus de leurs sceaux, ont montré que onze d'entre eux présentaient cette particularité. Blonds ou bruns, ces *capilli* clandestins sont pour les chercheurs un éclatant rappel d'une histoire oubliée. Celle du pouvoir exercé par la chevelure chez les rois francs, justement nommés « *reges criniti* », « rois chevelus » : Thierry III, Chilpéric II, Pépin le Bref, Charlemagne, Louis II le Bègue...

Pour s'assurer de l'origine humaine de ces composants et entrer dans la matière sans briser les sceaux, les chercheurs ont fait appel au médecin légiste Philippe Charlier, de l'hôpital universitaire de Garches (*lire* S. et A. *n° 789, novembre 2012*), ainsi qu'au Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF). Celui-ci a confirmé l'origine organique et précisé que les cheveux avaient été arrachés, et non coupés, comme le prouve la présence de bulbes. Reste à confirmer, par des tests ADN, qu'ils appartiennent à une seule et même personne et s'ils sont bien de provenance royale... Autant d'analyses à effectuer.

Pour l'historien Ghislain Brunel, conservateur en chef des Archives nationales, l'origine royale de ces pilosités ne fait aucun doute. « *Du Ve au Xe siècle, sous les Mérovingiens et les Carolingiens, apposer son sceau au bas d'un parchemin était un privilège exclusif du souverain.* » Impossible d'imaginer un tiers venant déposer ses cheveux sur le sceau du roi ! A l'époque,

SUPERSTOCK/LEEMAGE

Charlemagne (742-814) est toujours représenté avec une barbe, signe de virilité. Or les historiens ont établi qu'il était imberbe.

MUSÉE DES BEAUX-ARTS DE CARCASSONNE

Le Mérovingien Childéric III, déposé par Pépin le Bref, en 751, est tonsuré avant d'être enfermé dans un monastère.

seul ce dernier peut manipuler les scellés sur lesquels figure son effigie. Ce sont eux qui valident et authentifient les documents royaux (*lire l'encadré p. 49*). *« L'introduction dans le sceau d'une parcelle du corps royal, cheveux ou poils, devait renforcer le pouvoir du document »*, estime Marie-Adélaïde Nielen.

S'ils sont frappés par ces découvertes inédites, les chercheurs connaissaient déjà bien l'importance accordée à la chevelure par les Mérovingiens et les Carolingiens. L'évêque gallo-romain Grégoire de Tours (539-594) est le premier à qualifier ces chefs « barbares » — ainsi nommés car non-Romains— de « rois chevelus ».

En particulier lorsqu'il évoque ces souverains issus de l'aristocratie de peuples germaniques venus des bouches du Rhin. Clovis (466-511), vainqueur du Romain Syagrius à Soissons (486) et premier roi de tous les Francs, est présenté porteur de cheveux longs. *« Dans la tombe de Childéric, son père, l'anneau sigillaire sur lequel était gravé*

A. PÉGEON / ARCHIVES NATIONALES

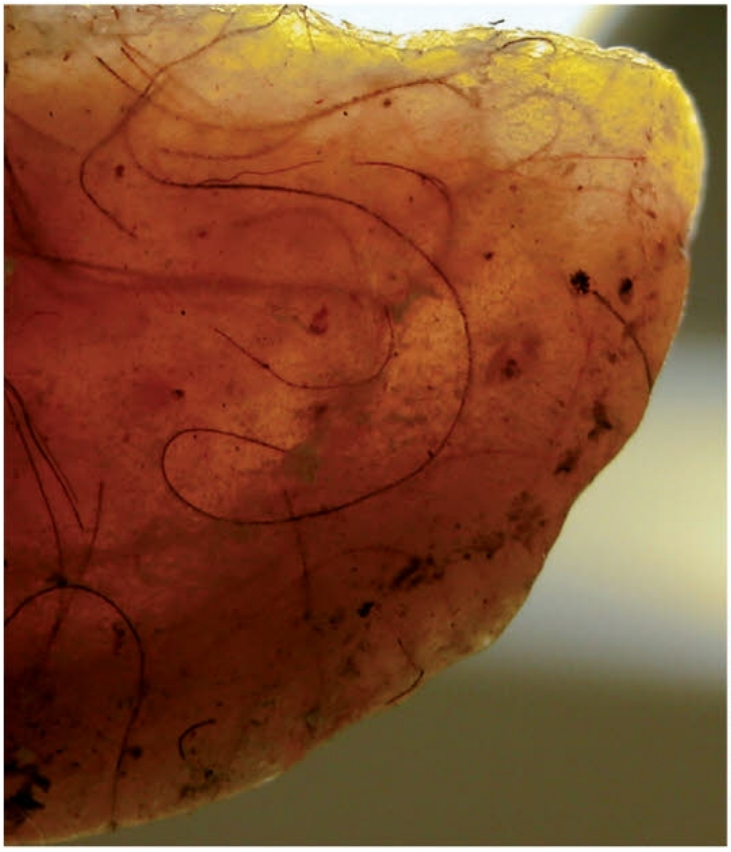
Grossi 60 fois, ce cachet de cire (détail en gros plan à droite) de Chilpéric II (670-721) laisse apparaître quelques poils montrés par Agnès Prévost, restauratrice des sceaux aux Archives nationales.

son visage le montre aussi auréolé de longs cheveux », ajoute Ghislain Brunel. Rien d'étonnant donc à ce que les représentations figurant sur les sceaux se réfèrent à cette pilosité. Celle-ci revêtait d'ailleurs une telle importance qu'elle faisait partie de rituels : ainsi, en 509, le Wisigoth Alaric vient toucher la barbe de Clovis en signe de soumission. Thierry III (654-691), roi de Neustrie, est quant à lui tondu lorsqu'il est destitué en 673, de même que le Mérovingien Childéric III (?-754), qui sera enfermé dans un monastère par Pépin le Bref en 751.

Chez les derniers Mérovingiens, les célèbres « rois fainéants » cité par le biographe de Charlemagne Éginhard, les cheveux longs sont aussi une façon de légitimer sa progéniture parmi la nuée d'enfants nés de multiples lits. On comprend mieux alors les paroles de la reine Clotilde (475-545) qui, à la mort de son fils Clodomir en 524, s'était opposée à la tonsure de ses trois petits-fils avec un *« plutôt morts que tondus »*. Leur couper les cheveux équivalait en effet à leur retirer toute reconnaissance d'appartenance à la lignée royale. A l'inverse, quand les Francs se cherchent un nouveau roi en 715, ils font sortir du couvent le clerc Daniel (670-721), le rebaptisent Chilpéric, puis attendent patiemment que ses cheveux repoussent pour le placer sur le trône ! Au début de la période carolingienne, aux alentours de 750, des documents font aussi état d'adoptions rituelles d'enfants par échange de cheveux ou de barbes. *« C'est ce que fait Liutprand, roi des Lom-*

AGNÈS PRÉVOST/ARCHIVES NATIONALES - DESSIN BETTY LAFON

Le visage de Childebert III est représenté schématiquement sur son sceau (à gauche) avec sa longue chevelure. Restitution du dessin (à droite).



AGNÈS PRÉVOST/ARCHIVES NATIONALES

bards, avec le jeune Pépin le Bref, fils de Charles Martel », explique Ghislain Brunel. En contrepartie, Pépin fera don de sa chevelure à son père adoptif. Selon le bénédictin Paul Diacre, au VIII[e] siècle, couper la barbe ou les cheveux d'un autre était également une façon d'en devenir le père.

La chevelure est associée à la puissance militaire

À quoi donc rattacher ces coutumes ? Impossible de ne pas imaginer que ces chefs christianisés depuis le V[e] siècle ne se réfèrent pas aux coiffures des rois de l'Ancien Testament et à la force symbolique qu'ils pouvaient en retirer, à l'instar d'un Samson. La puissance prodigieuse de ce héros de la Bible résidait en effet dans ses cheveux, que sa femme, Dalila, lui coupera par traîtrise. « *Il ne faut pas non plus écarter, de la part de ces chefs francs fortement romanisés, la volonté de s'approprier pour mieux s'assimiler la mode qui avait cours dans les légions au V[e] siècle, quand les cheveux étaient portés longs et non plus courts comme au temps de la République* », explique Ghislain Brunel.

Les Francs n'auraient d'ailleurs pas été les seuls à associer la chevelure à la puissance militaire : « *Chez les barbares, les Ostrogoths auraient aussi été porteurs de cette coutume. Tacite l'évoque dans "Germanie", et Sénèque également* », conclut le médiéviste. Légende ? Réalité ? Cette coutume aurait perduré au XV[e] siècle : « *À un document découvert au XIX[e] siècle dans les archives de Riom, censé être une lettre que Jeanne d'Arc aurait adressée aux habitants de la ville en 1429, était suspendu un cachet rouge où l'on voyait la marque d'un doigt et le reste d'un cheveu…* », ajoute Agnès Prévost. Celui de la Pucelle d'Orléans ? ■

PHOTOS : AKG/PHILIPPE MAILLARD - RMN/DOMINGIE ET RABATTI/LA COLLECTION - DICOM/CAROLINE MONTAGNÉ - JEAN VIGNE/KHARBINE-TAPABOR

FOCUS

Depuis 6000 ans, une garantie d'authenticité

De l'Antiquité à aujourd'hui, cachets et empreintes attestent de la valeur et de la véracité des documents.

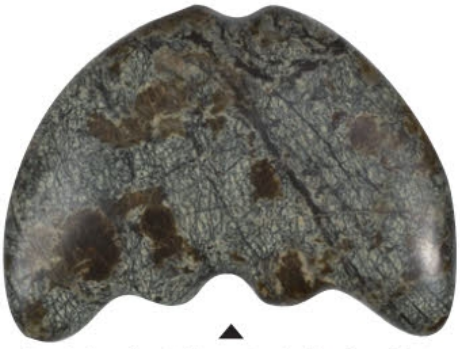
SCEAUX-CYLINDRES Au Proche-Orient ancien, un sceau-cylindre est un cylindre orné que l'on fait rouler sur une couche d'argile pour y laisser la scène du motif gravé. Apparu à la période d'Uruk (4100-3300 avant J.-C.), le sceau-cylindre ne disparaîtra qu'au début de l'ère chrétienne, en même temps que son support, la tablette d'argile.

ANNEAUX SIGILLAIRES Dans l'Empire romain, les sceaux (*sigilla*) sont portés sous forme de bagues. L'empreinte y est gravée en creux, ou intaille, que l'on appose directement sur la cire.

SCEAU MÉDIÉVAL Le sceau est une empreinte en relief obtenue par pression sur une matière malléable (cire d'abeille). Il est réalisé à l'aide d'une matrice gravée au nom d'une personne, ou ornée de sa figure ou d'un symbole la représentant. Les matrices (bulles) pouvaient être en bronze, en cuivre, en fer, ou parfois en or, chez les hauts dignitaires. À la mort du souverain, elles étaient souvent brisées. À partir du XII[e] siècle, on passera des sceaux plaqués directement sur le document au sceau « pendu », scellé à un ruban.

CACHET À ne pas confondre avec les sceaux. Au XV[e] siècle, l'essor du papier à la place du parchemin (peau d'animal) achève de favoriser l'utilisation des cachets faits avec de la résine (gomme-laque). En 1579, l'ordonnance de Blois, promulguée par Henri III, rendra la signature autographe obligatoire.

SCEAUX DE LA RÉPUBLIQUE Aujourd'hui encore, tous les grands documents officiels, telles les lois constitutionnelles, sont scellés. Le ministère des Affaires étrangères possède son propre service des scellés. Chaque traité signé est libellé d'un sceau particulier. Le ministre de la Justice porte d'ailleurs le titre de garde des Sceaux.



Demi-lune à entaille centrale. Tous les objets trouvés à Belica mesurent de 2 à 6 centimètres et ont été façonnés avec une extrême minutie.

Cette vénus d'argile était peut-être une idole ou un symbole de fertilité.

Certaines des pierres pourraient avoir été taillées pour représenter des grains de céréale.

Femme ? Animal ? Taillée dans de l'os, cette figurine était certainement portée en pendentif, peut-être en guise d'amulette.

TOUTES PHOTOS : RAIKO KRAUSS/UNIVERSITÄT TÜBINGEN

L'art fécond des premiers agriculteurs d'Europe

Un trésor de près de cent objets mis au jour à Belica, en Serbie, révèle l'art de la taille d'agriculteurs-éleveurs, il y a près de 8000 ans.

STATUETTES FÉMININES, vulves, phallus en pierre polie, mais aussi pendeloques en os et en argile, tel est l'inestimable trésor actuellement analysé par l'archéologue Raiko Krauss, de l'Institut de préhistoire et de protohistoire de Tübingen (Allemagne). *« Il s'agit du plus bel ensemble d'objets du néolithique ancien jamais découvert en Europe »*, déclare le préhistorien. Depuis juin 2012, ce spécialiste étudie en effet plus de 80 figurines retrouvées au même endroit, façonnées par les tout premiers agriculteurs arrivés sur le continent européen, au VI[e] millénaire avant notre ère. Révélées par Milorad Stojic, de l'Institut archéologique serbe de Belgrade, ces petites pierres sculptées (2 à 6 centimètres) datées d'il y a 5800 ans avant J.-C. ont été exhumées en 2002 à Projate Pojilo, dans la région de Belica, près de Jagodina (Serbie centrale). On ignore pourquoi tant de ces objets, mis au jour dans l'enceinte d'un établissement néolithique, y avaient été rassemblés.

« L'importance cruciale de cette trouvaille réside également dans sa situation, sur la principale voie de pénétration empruntée par les premières populations d'agriculteurs-éleveurs venues du Proche-Orient il y a 8000 ans », ajoute Raiko Krauss. L'intérêt exceptionnel de ces objets devrait les faire figurer au Musée national de Belgrade, mais celui-ci n'a pas encore rouvert ses portes depuis la guerre de Yougoslavie, qui s'est achevée en 2001. ■

Bernadette Arnaud

Hache miniature en néphrite, une variété de jade très utilisée au néolithique.

Figure féminine stylisée, de même forme que celle ci-contre.

Tête, bras, sexe : le corps féminin est parfois réduit à quelques signes.

De forme phallique, cette pierre était de toute évidence liée à la fertilité.

Vénus en pierre polie, l'une des sculptures emblématiques du trésor de Belica.

Vénus sculptée en os, portée en amulette.

Le vert, couleur symbolique

Figurines féminines et phalliques aux formes stylisées, vénus en argile, galets polis décorés d'incisions géométriques, les sculptures insolites composant le trésor de Belica devaient être chargées d'une valeur symbolique. La teinte des pierres employées pour réaliser ces objets rituels, amulettes ou éléments liés à la fertilité, semble avoir été d'une grande importance. Néphrite, jadéite, marbre ou serpentine, les pierres sont majoritairement vertes, une couleur présente dès l'arrivée des premiers agriculteurs en Europe. À côté des représentations féminines, les formes animales continuent à être façonnées en nombre par les premières sociétés agricoles.

Les sacrifices très codés des Incas

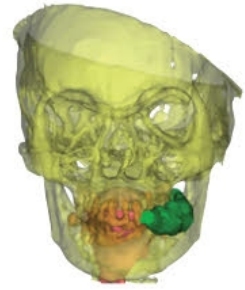
L'analyse des cheveux d'une jeune fille momifiée a révélé une importante consommation de coca des mois avant son immolation. La preuve qu'elle avait été choisie avec soin pour ce rite d'offrande.

JOHAN REINHARD

La momie de cette jeune fille a été retrouvée intacte en 1999. Elle avait été livrée aux dieux lors d'une cérémonie rituelle après de longs mois de préparation.

C'est en réexaminant ses cheveux délicatement tressés que les chercheurs ont fait une découverte importante sur le corps parfaitement conservé d'une jeune fille inca retrouvé gelé en 1999, six siècles après son sacrifice. Les analyses effectuées par spectrométrie de masse ont en effet révélé que la jeune martyre avait consommé de la coca et de l'alcool dans des proportions importantes, et cela pendant de longs mois avant d'être livrée aux divinités des montagnes.

Pour conjurer la crainte des tremblements de terre et des éruptions volcaniques qui secouaient périodiquement leur empire, déployé sur 3 000 kilomètres le long de la cordillère des Andes, les Incas procédaient en effet à des sacrifices d'enfants. Ainsi l'adolescente, à peine âgée de 13 ans, a-t-elle été abandonnée aux dieux au fond d'une cavité creusée dans le sol glacé lors d'un *capacocha*, une cérémonie rituelle. Sa dépouille, entourée d'offrandes parmi lesquelles plusieurs lamas d'argent et des coquillages, a été découverte au sommet du volcan Llullaillaco, à 6739 mètres d'altitude, à la frontière argentine *(lire Sciences et Avenir n° 633, novembre 1999)*, avec celles d'une fillette de 4 ans et d'un garçonnet de 5 ans dont les cheveux ont également fait l'objet d'une analyse. Publiés dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences américaine* (PNAS), les résultats ont confirmé que les trois enfants avaient absorbé de la coca (d'où est extraite la cocaïne) et de la chicha (alcool de maïs), aux effets anesthésiants, en très grande quantité au cours des derniers mois de leur vie. « *Jusque-là, nous pensions que les produits narcotiques leur étaient administrés juste avant le sacrifice. Or nous avons pu quantifier, mois par mois, la prise de ces substances. Ce qui prouve que les jeunes victimes n'étaient pas choisies au dernier moment, mais sélectionnées avec soin longtemps auparavant pour être offertes aux dieux* », explique John Verano, anthropologue à l'université de Tulane (Louisiane).



Sur l'IRM du crâne de l'adolescente, on distingue parfaitement la boule de coca qu'elle mâchait au moment de son sacrifice (en vert).

Seuls des êtres parfaits pouvaient toucher les dieux

Les chercheurs ont également mis en évidence chez l'adolescente une modification notable du régime alimentaire plusieurs mois avant sa mort, avec une consommation importante de viande et de maïs. Etait-ce la marque de son appartenance à la catégorie des *aclla*, ces « *élues* » destinées à épouser un empereur ou à... être sacrifiées ? L'Empire inca attachait une grande importance aux classes d'âge. Les enfants étaient régulièrement sélectionnés en fonction de leur groupe social et de leur aspect physique, car les Incas pensaient que seuls des êtres purs et parfaits pouvaient « *toucher* » les dieux. Les premières momies d'enfants sacrifiés dans les Andes ont été exhumées au Chili en 1954. Plus d'une quinzaine de ces corps gelés ont été retrouvés à ce jour, dont certains sont exposés au musée de Salta, en Argentine. ■ **Bernadette Arnaud**

Écrits d'Amazonie. Cosmologies, rituels, guerre et chamanisme

Alfred Métraux, CNRS éditions, 28 p., 27€

Alfred Métraux (1902-1963), connu notamment pour ses travaux sur l'île de Pâques ou les rites de possession vaudous haïtiens, est l'un des grands anthropologues du XXe siècle. A l'occasion du cinquantième anniversaire de sa disparition, les éditions du CNRS ont souhaité publier plusieurs de ses textes inédits, rédigés sur une trentaine d'années. La sélection présentée dans cet ouvrage concerne les Indiens d'Amazonie et du Chaco, au nord de l'Argentine. Mythes d'origine des premiers hommes, religion et chamanisme, rituels de guerre et d'initiation ou comportements funéraires, ces contributions témoignent surtout de l'engagement du chercheur en faveur de nombreux groupes amazoniens déjà en voie de disparition à l'époque. Fervent défenseur des droits de l'homme, ami de Georges Bataille, élève de Marcel Mauss et de Paul Rivet, le grand voyageur qu'était Alfred Métraux a construit une œuvre vivante, multiple et très accessible. A redécouvrir. ■ **Bernadette Arnaud**

Penser la stratégie de l'Antiquité à nos jours

Béatrice Heuser, Picard, 430 p., 39 €

Art de la guerre ou science de la guerre ? Qu'est-ce que la « stratégie » ? Utilisé à Byzance dès le VIe siècle, ce terme ne sera adopté en Europe occidentale qu'à la fin du XVIIIe siècle. Avant la Révolution française, les auteurs parlent en effet « d'affaires militaires ». Les distinctions entre tactique et art diviseront jusqu'à Clausewitz (1780-1831), le célèbre philosophe-général, explique Béatrice Heuser. Ce livre, salué par la critique allemande et anglo-saxonne, répond à de nombreuses questions. La guerre fait-elle partie intégrante du monde ? Quels sont ses buts ? Ses moyens ? Existe-t-il une façon occidentale de penser la guerre ? Comment l'idéologie, la culture et les fins politiques se traduisent-elles dans l'emploi de la force ? Un ouvrage imposant... surtout pour penser la paix. ■ **B. A.**

LA DÉCOUVERTE DU JAPON PAR LES EUROPÉENS

Xavier de Castro, éditions Chandeigne, 416 p., 29 €

Cet ouvrage permet de comprendre comment le Japon fut découvert accidentellement par des marins portugais en 1543. Aux relations diplomatiques et commerciales succédèrent très vite les missionnaires jésuites avec François-Xavier. L'archipel se referma au bout d'un siècle, avec l'expulsion des Portugais. ■ **B. A.**

LES SECRETS DES ABBAYES ET MONASTÈRES

Odon Hurel, Vuibert, 272 p., 19,90 €

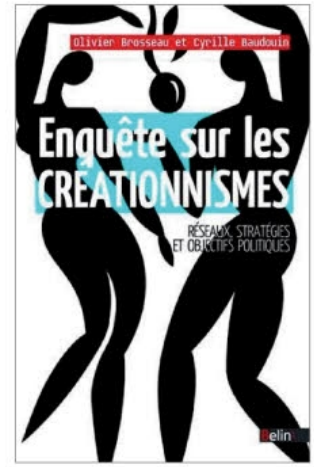
En 1500 ans d'histoire, des millions d'hommes et de femmes ont vécu reclus dans des monastères. L'historien Odon Hurel nous fait découvrir la part d'ombre de ces lieux de prière qui cachèrent parfois des emprisonnements à vie ou des débauches. ■ **B. A.**

DVD

SUR NOS TRACES

Arte Éditions, 29,95 €

Savez-vous pourquoi certains d'entre nous possèdent 4 % de gènes néandertaliens ? Quel pourcentage de la population vivait dans les campagnes au début du Moyen Âge ? Qui a, pour la première fois, dompté le fer ? Pour découvrir les réponses sans s'ennuyer, il faut suivre les pas de la journaliste Nadia Cleitman, dans les 15 épisodes de 26 minutes de cette série archéologique. ■ **B. A.**



Cyrille Baudouin et Olivier Brosseau, Belin, 234 p., 21,50 €

Enquête sur les créationnismes

Il faut lire sans tarder cette enquête fouillée et argumentée sur les réseaux, stratégies et objectifs des créationnistes en France. Car l'Hexagone n'est pas épargné par leurs offensives, montrent le biologiste Olivier Brosseau et le physicien Cyrille Baudouin, déjà auteurs des *Créationnistes, une menace pour la société française ?* (Syllepses, 2008). Ils étoffent ici leur propos, démontent l'instrumentalisation de discours scientifiques et donnent la parole à une douzaine de chercheurs (Guillaume Lecointre, Jean Bricmont...) qui éclairent les enjeux de ce travail de sape. L'ouvrage détaille avec clarté la diversité des créationnistes – musulmans d'origine turque, évangéliques de France ou encore promoteurs apparemment inoffensifs du dialogue entre la science et la religion – et distingue utilement les différents courants de pensée, organismes, Églises ou fondations à l'œuvre. L'épilogue donne des pistes pour lutter contre ce prosélytisme. ■ **Rachel Mulot**

LE + NUMÉRIQUE
Sur **sciencesetavenir.fr,** des extraits du film (inachevé) de Jean-Baptiste de Panafieu sur l'infiltration du créationnisme dans les écoles françaises.

Le palmarès des animaux volages

Chez des espèces pourtant réputées ne s'accoupler qu'avec le même partenaire, les chercheurs ont établi que certains petits d'une même couvée ou portée pouvaient avoir un autre père que le mâle identifié du couple.

LE PLUS INFIDÈLE

76 %

de petits adultérins chez le mérion superbe

44 %

de petits adultérins chez le lémur nain malgache

33 %

de petits adultérins chez le wallaby des rochers

31 %

de petits adultérins chez la marmotte alpine

22 %

de petits adultérins chez le loup d'Abyssinie

SOURCES : OECOLOGIA (1998), GRIFFITH (2002) WESTNEAT (UNIVERSITÉ DU KENTUCKY 2003) COURS D'ÉCOLOGIE COMPORTEMENTALE (2005), CEZILLY (UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE, 2006), LODÉ (2007 ET 2013). HTTP://2DOC.NET/OKKQT

PHOTOS : MARTI HARVEY, MICHEL GUNTHER, DAVE WATTS, PIERRE HUGUET-DUBIEF, KEN GRIFFITHS/PHOTOSHOT - MICHEL CAVALIER, STEVE BLOOM, GÉRARD LACZ, WILLIE ROLFES/OKAPIE-BIOSPHOTO

Sexe, mensonges et évolution

Pourquoi les animaux trompent-ils leur « conjoint » ? Bien que risqué, ce comportement pourrait avoir des avantages évolutifs et permettre une régulation sociale.

Ils le font en douce... et en pleine conscience ! « *Chez les singes géladas, des cousins éthiopiens du babouin, l'infidélité est une affaire de tactique et pas simplement d'opportunité.* » C'est du moins ce que vient de découvrir la zoologue Aliza Le Roux, de l'université de l'Etat libre, en Afrique du Sud. On savait déjà que chez cette espèce, un petit sur six n'était pas issu du mâle dominant, lequel tente de régner sans partage sur une troupe d'une douzaine de guenons et quelques mâles subordonnés. Mais la façon dont les femelles parvenaient à tromper sa vigilance jalouse restait jusqu'alors un mystère. Car dans les grandes plaines herbeuses où s'ébattent les *Theropithecus gelada*, le contact visuel est permanent, et il n'existe aucun fourré où se dissimuler. Pour éclaircir l'énigme, Aliza Le Roux a observé trois ans durant les amours de ces singes : sur 939 copulations, 10 % sont « extraconjugales » (1). Les amants ont recours à une triple stratégie : garder le mâle dominant à l'œil, attendre qu'il soit à plus de 20 mètres, et dès lors s'accoupler... en silence. Une entorse aux mœurs bruyantes de l'espèce, dont les cris amoureux s'entendent d'ordinaire dans un rayon de 30 mètres !

Cette observation fera date. C'est en effet la première fois qu'une tromperie tactique, intentionnelle, exécutée de manière à éviter les représailles est solidement quantifiée et démontrée dans le monde animal. Même si les chercheurs s'en doutaient depuis longtemps, y compris pour de nombreuses autres espèces. L'infidélité – ou plutôt le vagabondage sexuel – est en effet très répandue dans les sociétés animales.

> « La monogamie sociale n'implique pas une monogamie sexuelle »
>
> **David Barash**, biologiste, université de Washington

Depuis les théories de Darwin sur l'évolution, on savait les mâles enclins à féconder un maximum de femelles pour assurer leur succès reproductif. Près d'un siècle plus tard, dans les années 1970, les premières femmes éthologues ont montré que les femelles pouvaient elles aussi se montrer ardentes et volages. Et au cours des années 1990, les tests ADN ont prouvé que même chez les oiseaux – considérés comme des parangons de fidélité –, de 6 % à 76 % de la couvée pouvait avoir un père différent du partenaire social de leur mère. « *Résultat, les chercheurs ont établi scientifiquement ce que bon nombre d'entre nous, humains, savons intimement : la monogamie sociale n'implique pas forcément une monogamie sexuelle* », souligne le biologiste évolutionniste David P. Barash, de l'université de Washington (États-Unis).

Une façon d'aller à la pêche aux bons gênes

La polyandrie pourrait-elle constituer une stratégie permettant d'aller « à la pêche » aux bons gènes, de réduire le risque de consanguinité, voire d'augmenter les chances d'engendrer une portée en meilleure forme ? Le biologiste Thierry Lodé, spécialiste d'écologie évolutive à l'université de Rennes 1, dresse une liste éloquente : « *Les femelles pseudo-scor-*

19 %
de petits adultérins chez le lézard dormeur australien

18 %
de petits adultérins chez la grenouille agile

10 %
de petits adultérins chez le lycaon

LE PLUS FIDÈLE
0 %
de petits adultérins chez l'albatros

L'adultère, un comportement génétique ?

La propension à avoir des relations sexuelles adultérines aurait une composante héréditaire... du moins chez les diamants mandarins, ont montré en 2011 des chercheurs de l'Institut Max Planck d'ornithologie de Seeweisen (Allemagne). Mais le rôle exact des gènes dans ces comportements complexes est difficile à préciser, et toute extrapolation à l'homme critiquable. En 2004, une étude sur les campagnols avait déjà défrayé la chronique scientifique : des chercheurs de l'université d'Emory (Atlanta, États-Unis) avaient injecté un gène de la vasopressine – une hormone ayant des effets sur les circuits cérébraux associés au comportement sexuel – chez un campagnol particulièrement cavaleur, *Microtus pennsylvanicus*. L'asocial polygame s'était alors mué en compagnon fidèle regagnant son terrier tous les soirs. Certains médias évoquaient alors la possibilité de thérapies géniques chez l'homme...

pions volages ont 32 % de petits en plus que les monandres ; les criquets femelles Allonemobius socius *augmentent leurs performances reproductrices de 43 % ; les chiens de prairie qui copulent avec de multiples partenaires engendrent des portées en meilleure santé. Finalement, la propension à l'infidélité pourrait constituer une stratégie évolutive très efficace.* » Chez les putois, les ours noirs, certains oiseaux et saumons, la polyandrie pourrait même protéger les populations isolées d'un effondrement génétique.

Les mâles « trompés » peuvent délaisser les petits

La tromperie a également des fonctions sociales. Sarah Blaffer Hrdy, de l'université de Californie, a extrapolé sur les bénéfices possibles, en termes évolutifs, pour les futures mères, d'une telle promiscuité. Ainsi, lorsqu'elles multiplient les partenaires – et donc les pères putatifs –, les femelles des singes langurs protègent leurs petits des agressions d'autant de mâles aux mœurs infanticides. Tout se passe comme si ces derniers n'attaquaient pas les petits, de peur de tuer les leurs.

Autre calcul chez les fauvettes, des passereaux européens aussi volages que comptables. Selon Nick Davies, écologiste du comportement à l'université de Cambridge (Royaume-Uni), les femelles manipuleraient les mâles avec qui elles se sont accouplées pour obtenir des « cadeaux », ou sortes de bons alimentaires. Les différents partenaires, gardant en effet en mémoire ces relations sexuelles passées, décideraient d'aider ou non la femelle à élever sa couvée. « *Le nombre de bouchées de nourriture qu'un mâle fauvette apporte à ses petits est en relation directe avec le nombre d'occasions qu'il a eu de copuler avec la mère lors de sa dernière période de fertilité* », observe le chercheur.

Reste que la stratégie de l'infidélité demeure très risquée, surtout chez les espèces à fort investissement paternel... Dépité, le mâle peut déserter l'élevage des jeunes. Une étude publiée en avril dernier éclaire les risques encourus (2). « *Si les femelles font preuve d'une certaine promiscuité sexuelle, cela réduit les soins portés à la descendance par les pères de 12 % en moyenne* », estime Charlie Cornwallis, biologiste à l'université de Lund (Suède). Il a « épluché » 62 études portant sur 48 espèces... y compris l'humaine. « *Nos travaux montrent qu'il y a un certain degré de tolérance au cocufiage*, ajoute-t-il. *En fait, les mâles sont constamment en train de peser les avantages et les inconvénients des soins, l'énergie qu'ils peuvent ou non fournir dans le contexte de leur succès reproductif sur une vie entière.* »

Les humains réagissent comme les animaux

Ainsi, si la progéniture est abondante, les soins aux petits peu épuisants, la femelle peu volage, alors les mâles ne désertent pas... En revanche, si, comme chez le bousier, le mâle dépense une énergie folle à nourrir ses petits alors que trop de compétiteurs courtisent la femelle, il abandonne le nid. Tout dépend donc de l'investissement paternel de l'espèce.

Et les humains, dans tout cela ? « *On serait tenté de penser qu'avec leurs interdits religieux, leurs tabous, etc., ils adoptent un comportement singulier. En réalité, il n'en est rien ! Si l'on reporte sur un graphique la façon dont les mâles de toutes les espèces réagissent au degré de "cocufiage" présumé, les humains sont en bonne place, bien au milieu de la courbe. Entre oiseaux et poissons* », conclut Charlie Cornwallis. Pour le chercheur, il est possible que les règles morales et éthiques dont nous sommes si fiers ne fassent que consacrer des instincts façonnés par l'évolution. ■ **Rachel Mulot**

POUR EN SAVOIR PLUS

Pourquoi les animaux trichent et se trompent.
Les Infidélités de l'évolution, Thierry Lodé Odile Jacob, à paraître le 19 septembre, 334 p, 20 € environ.

LE + NUMÉRIQUE

Les vocalises du gelada : **http://sciav.fr/15DUGBi**

MICHEL GUNTHER/BIOSPHOTO

Cousins éthiopiens du babouin, les geladas ont des relations « extraconjugales » à distance du mâle dominant... et en silence !

(1) sciav. fr/1640mH5
(2) sciav. fr/16WL7Pc

Votre logo

un toit pour les abeilles

ENTREPRISES
OU
PARTICULIERS

Parrainez une ruche
pour sauver les abeilles,
suivez votre ruche sur Internet et
recevez le fruit de leur travail :

Un miel à votre nom !

www.untoitpourlesabeilles.fr

Un Toit Pour Les Abeilles
1 bis Perspective de l'Océan - 17000 LA ROCHELLE
05 17 26 10 23
Info@untoitpourlesabeilles.fr – www.untoitpourlesabeilles.fr

3000 particuliers et 250 entreprises parrainent déjà leur ruche

Photographies : Xavier Léoty - © Lawrence Cruciana - Christophe Vuichard - David Nicolas - Studiophotopro
Fotolia.com Graphisme : www.toutlepalaisrestpourmoi.fr - Réalisation : MEDIACIBS LE STUDIO

Fukushima débordé par les eaux radioactives

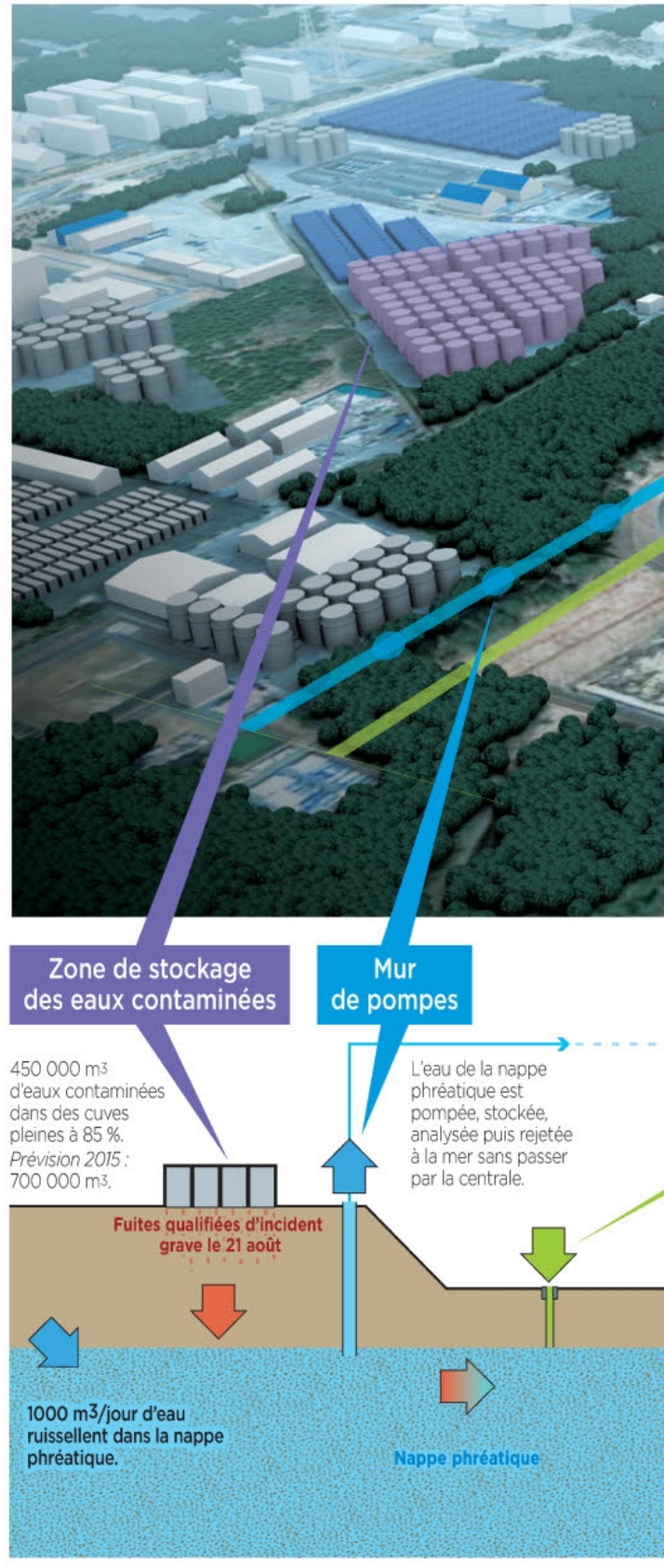
Mi-août, une fuite a été classée niveau 3 par l'autorité de sûreté japonaise. L'opérateur Tepco est sous pression.

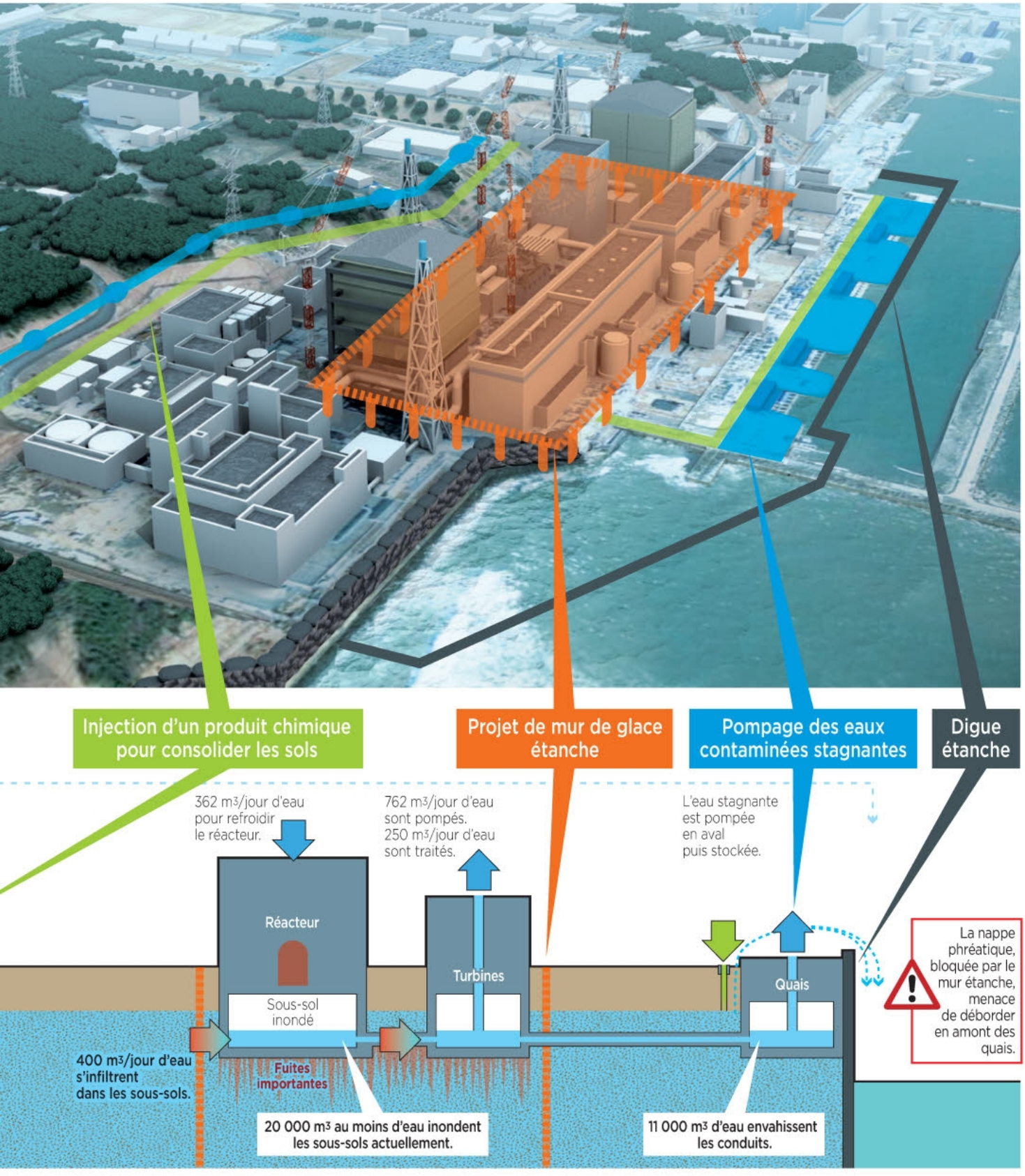
Après deux ans de déni et sous la pression de la toute nouvelle autorité de sûreté du nucléaire japonais, la NRA, l'opérateur Tepco a reconnu être incapable d'enrayer les fuites d'eaux radioactives de la centrale de Fukushima Daiichi vers l'océan. Les systèmes de pompage, de stockage et de décontamination du site ont beau tourner à plein régime, ils ne sont pas dimensionnés pour faire face à l'accumulation des eaux qui suintent dans les sous-sols *(voir l'infographie)*. Ces eaux souterraines se déversent dans des réacteurs aux fondations fragilisées où elles se chargent en radioactivité. Une partie des liquides toxiques se déverserait directement dans l'océan, même si le chiffre de 300 tonnes qpar jour, avancé par le gouvernement, n'est pas confirmé par l'opérateur. Enfin, la place vient à manquer pour stocker les eaux hautement radioactives pompées chaque jour en aval de la centrale !

Depuis quelques mois, l'opérateur solidifie les sols avec des produits chimiques. Il a aussi bâti une digue enterrée destinée à contenir les eaux souterraines et de surface. Mais cette dernière est déjà dépassée. Mi-août, Tepco a finalement mis en route un mur de pompes en amont, destiné à « dérouter » les eaux de la nappe phréatique avant qu'elles ne lèchent les réacteurs.

Et demain ? Le constructeur de la centrale, Kajima, compte aménager une enceinte glacée imperméable autour des réacteurs. Il enfouirait à 30 m de profondeur, sur 1400 m de périmètre, des canalisations où circuleraient des produits refroidissants à -40 °C. Ces tubes gèleraient le sol, formant une barrière cryogénique. Cette solution, qui paraît aussi hasardeuse que coûteuse, ferait l'objet d'une étude de faisabilité. Pour la NRA, comme pour le gouvernement, il faut impérativement stopper les fuites. Quant au gouverneur de la préfecture de Fukushima, il a crié mi-août, à « l'urgence nationale ». Fin juillet, Tepco estimait que de 20 000 à 40 000 milliards de becquerels de tritium avaient été déversés en mer entre mai 2011 et juillet 2013. C'est cependant 500 à 1000 fois moins que les rejets annuels autorisés pour l'usine de la Hague en France. L'estimation des fuites de césium 137, une substance radioactive bien plus préoccupante, n'a pas été rendue publique. Les scientifiques semblent pour l'heure peu inquiets, pariant sur la capacité d'absorption du Pacifique et sur la force de dispersion des courants. ■ **Rachel Mulot**

LE + NUMÉRIQUE
Interview de Dominique Boust, de l'IRSN : « L'océan a bon dos » : **http://sciav.fr/1ctvAhi**





INFOGRAPHIE B. LAFON. ÉDITION: R. MULOT / M. NOWAK. SOURCES: TEPCO, IRSN, NRA, ASAHI SHIMBUN. DESSIN: M. BENYEZZAR

Le petit robot Wall-Ye analyse les sarments grâce à sa tablette PC intégrée et les taille, si nécessaire, à l'aide de ses deux bras terminés par un sécateur.

L'agriculture robotisée creuse son sillon

Robots bineurs et tailleurs commencent à parcourir les champs. Une mutation aux enjeux importants : réduire l'usage des pesticides et faciliter le travail en agriculture bio.

POUR SOIGNER LA VIGNE, rien de tel que la dextérité et l'efficacité d'un... robot. Wall-Ye est un petit engin autonome qui sillonne les rangs de vignes à la recherche de sarments à tailler. Avec ses six caméras et son logiciel de reconnaissance de forme, il commande deux bras articulés munis de sécateurs électriques. Et c'est parti pour la délicate opération de la taille. Un travail fastidieux, qui se fait en fin d'hiver dans des conditions climatiques rigoureuses, alors que la main-d'œuvre est difficile à trouver. Pour le viticulteur, la période correspond aussi au stade ultime de la vinification en cave. Il a donc d'autres tâches à accomplir. Un robot, voilà la solution.

Infatigables, ces machines seront demain omniprésentes pour tailler la vigne mais aussi arracher les mauvaises herbes, tester la maturité des baies, les traiter... sans présence humaine. Sans faire de bruit, sans polluer et sans tasser les sols. Une révolution technologique en marche : « *Un nouveau modèle vient défier le précédent*, explique Jean-Michel Roger, en charge de ce sujet à l'Institut national de recherche en sciences et technologies pour l'environnement et l'agriculture (Irstea) de Montpellier. *Nous voyons émerger une robotique légère, fonctionnant sur batteries, en opposition avec la tendance historique qui consistait à concevoir des engins de plus en plus gros et puissants, gourmands en gazole.* »

Depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, la « course à l'arme-

LES AGRICULTEURS EN FRANCE

4 millions
en 1963

1 million
en 2011

ment » du matériel agricole ne s'était jamais arrêtée. Accompagnant la diminution du nombre des paysans (de 4 millions en 1963 à moins d'un million en 2011) et l'augmentation des surfaces des exploitations (entre 2000 et 2010, les exploitations se sont agrandies de 13 hectares en moyenne, pour atteindre 55 hectares), tracteurs et machines ont gagné en taille et puissance. « *À partir des années 1990, ces engins ont par ailleurs embarqué les outils informatiques et le GPS permettant de mieux gérer l'épandage d'intrants* », relève Frédéric Vigier, conseiller technologique du Salon international du machinisme agricole (Sima).

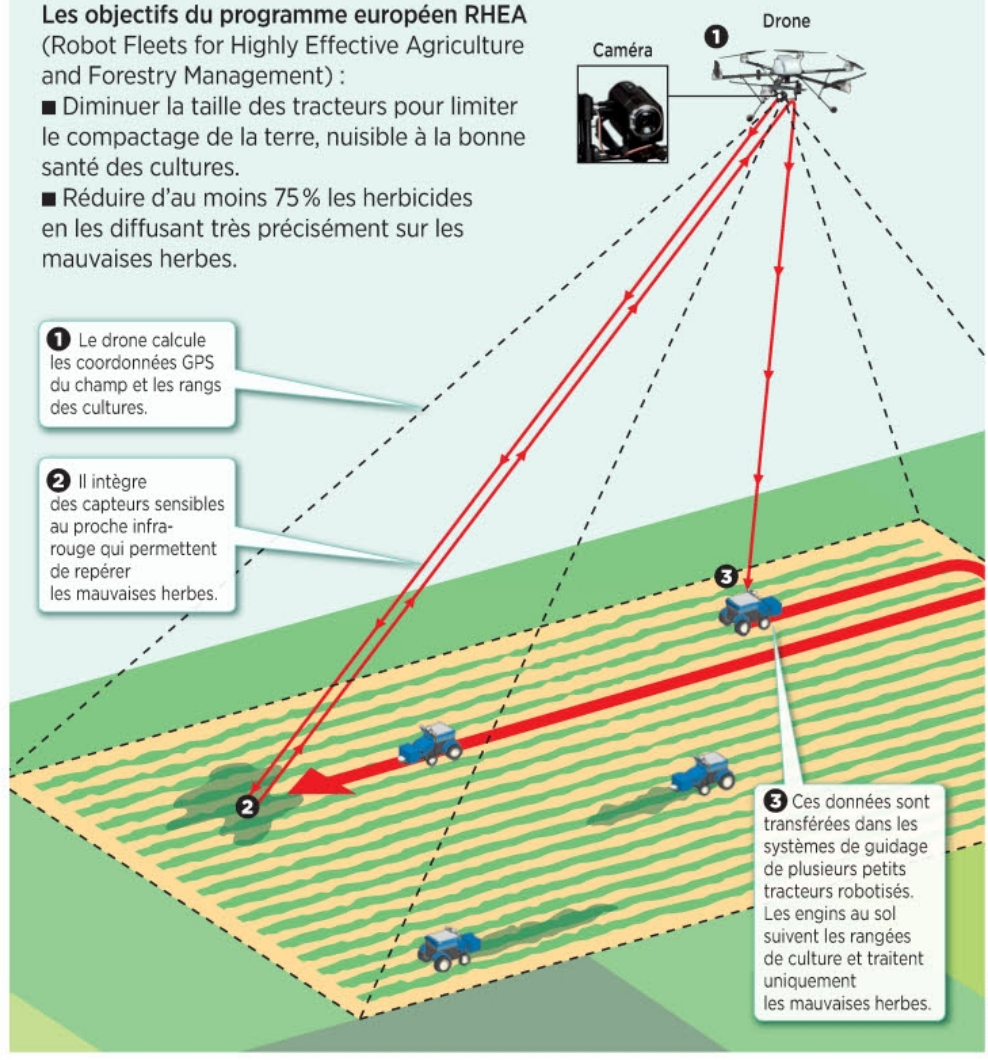
Le secteur doit se plier aux contraintes environnementales

Mais, outre que cette agriculture dite de précision n'est utilisée que par une petite frange d'agro-industriels, elle ne répond pas aux exigences environnementales nationales qui s'imposent au secteur depuis les années 1980 : réduction des émissions de gaz à effet de serre de 25 % d'ici à 2030, soit près de 30 millions de tonnes de CO_2 évitées ; diminution de moitié de l'utilisation des pesticides d'ici à 2018 ; protection des sols contre l'érosion et le compactage, les terres supportant de moins en moins le passage de tracteurs de plusieurs tonnes. Pour y parvenir, on pourrait remplacer ces derniers par plusieurs petits engins fonctionnant « en troupeau ».

Le programme de recherche européen Robot Fleets for Highly Effective Agriculture and Forestry Managment (RHEA) explore ainsi la voie originale du mariage entre le drone et le tracteur, le premier dirigeant le second à distance (*voir l'infographie ci-dessus*). Une fois les coordonnées GPS du champ introduites dans le système de conduite du drone, des capteurs permettent d'orienter efficacement le travail du tracteur. « *Ils travaillent dans le visible et le proche infrarouge, une longueur d'onde que la végétation réfléchit facilement*, expose Sylvain Labbé, chercheur à l'UMR Tetis (AgroParisTech, Cirad, Irstea). *Les plantes répondent différemment, ce qui permet de discriminer la culture des herbes indésirables.* » Ces données sont alors transférées dans les systèmes de guidage de tracteurs qui traitent ainsi uniquement les mauvaises herbes dans leur mouvement de « boustrophédon » (aller et retour entre les rangs de culture). D'autres équipes de chercheurs étudient des alternatives aux pulvérisateurs de pesticide comme des traitements par injection de vapeur à haute température sur les espèces indésirables. Ce programme vise autant les cultures en rang large (tomates, maïs, fraises, tournesol) qu'en rang étroit (blé, orge), voire les vergers. « *Pour ce type de missions, nous utilisons des drones robustes coûtant entre 4000 et 100 000 € selon les projets* », précise Sylvain Labbé. Objectif : une réduction d'au moins 75 % des herbicides. Le ▶

Épandage de haute précision

Les objectifs du programme européen RHEA (Robot Fleets for Highly Effective Agriculture and Forestry Management) :
- Diminuer la taille des tracteurs pour limiter le compactage de la terre, nuisible à la bonne santé des cultures.
- Réduire d'au moins 75 % les herbicides en les diffusant très précisément sur les mauvaises herbes.



CHRISTOPHE MILLOT

BETTY LAFON

+13 hectares
Augmentation moyenne de la surface des exploitations entre 2000 et 2010
(55 hectares en moyenne à cette date).

BIOLOGIE

Diagnostics à la pince

FORCE-A

La pince Dualex analyse la teneur en chlorophylle et flavonols d'une feuille.

Comment savoir précisément quels sont les besoins d'une plante en nutriments, sa maturité, celle des fruits ou des grains ? En mesurant sa teneur en protéines. « Lorsqu'une plante est en fonctionnement optimal, elle synthétise des protéines (molécules azotées) contenant la chlorophylle, expose Zoran Cerovic, responsable de l'équipe Biospectroscopie végétale (CNRS/université Paris-Sud/AgroParisTech) et cofondateur de la société Force-A. En revanche, lorsque la plante manque d'azote, elle oriente son métabolisme vers la production de flavonols, qui sont des molécules carbonées. » Force-A, société de capteurs optiques pour l'agriculture de précision, a eu l'idée d'utiliser la propriété d'absorption des UV par les flavonols. Plus ils sont en quantité importante, plus ils font écran à la chlorophylle et à sa fluorescence, la lumière qu'elle réémet. Les carences en azote sont ainsi déterminées d'une manière très précise. Dans le champ, cela se concrétise par un appareil en forme de pince dans laquelle on glisse une feuille, le Dualex, ou par un capteur sans contact, le Multiplex. Celui-ci peut également, par le biais de la fluorescence, déterminer la maturité du raisin ou d'un autre fruit. Cette fois-ci, ce sont les anthocyanes (pigments rouges) qui font écran à l'absorption de la lumière par la chlorophylle, permettant ainsi de doser encore une fois les deux composants. Le Multiplex développé par Force-A est un fluorimètre portable pouvant donner les mesures en continu lorsque l'engin est présenté à la surface de la feuille ou du fruit.

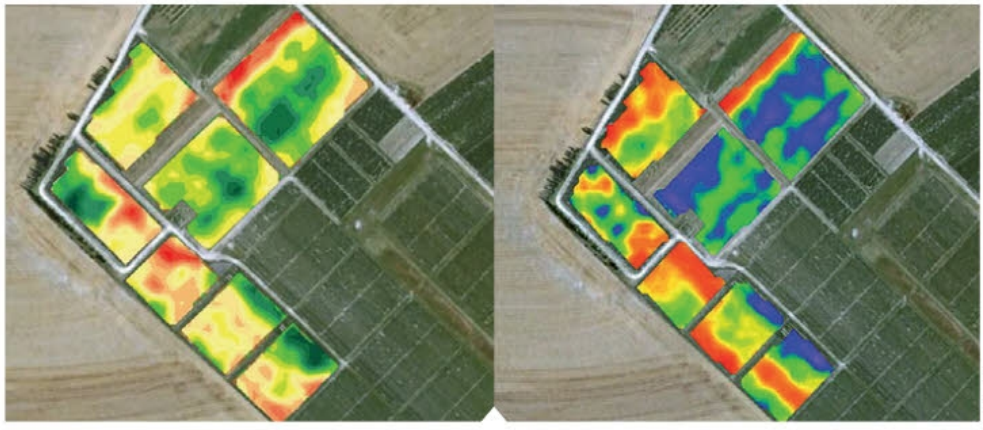
programme se conclura en 2014. À cette date, la bineuse Oz sera déjà à l'œuvre dans les champs et les vignes, tête de pont d'une technologie ambitieuse conçue par trois jeunes ingénieurs issus d'une école d'informatique de Perpignan. Ils nourrissent les plus grands espoirs pour leur petit engin. *« Pour obtenir le label "bio", il faut accepter de désherber mécaniquement et donc passer plus de temps dans les champs*, note Aymeric Barthès, dirigeant de Naïo, une start-up créée pour l'occasion. *Oz fait ce travail en l'absence de l'agriculteur. »* Les technologies utilisées sont toutes éprouvées, car il faut être solide pour travailler en extérieur : capteurs infrarouges pour que le robot reconnaisse la culture, caméra numérique pour qu'il voie les obstacles, balise GPS pour qu'il se situe dans le champ, moteur électrique et batteries au plomb lourdes pour que l'engin soit stable et résistant.

La plus-value d'Oz ? *« Les algorithmes qui analysent un très grand nombre de données et lui permettent par exemple de faire demi-tour en bout de rang. »* Le robot reconnaît les obstacles, signale les plantes manquantes et tracte à sa suite des engins agricoles : bineuses pour aérer le sol en surface, capteurs de reconnaissance de maladie, wagonnets pour recueillir la récolte et avertisseur sonore pour éloigner les oiseaux. Oz est également équipé d'un système Wi-Fi qui permet à l'agriculteur de rester en contact avec son engin grâce à une application sur smartphone. Naïo vise le maraîchage bio, l'arboriculture et les grands champs, soit un marché de 6000 engins à 19 500 € l'unité, les premières machines ayant été livrées cet été.

> « La France est en pointe sur ces innovations au niveau mondial, notamment pour la vigne »
> **Roland Lenain,** chercheur à l'Irstea

Les gros tracteurs, trop lourds, font souffrir les ceps

La viticulture est un marché particulièrement visé par les robots car l'entretien des vignes nécessite de nombreuses opérations. De plus, la réduction des épandages de pesticides constitue un défi majeur : sur 3,7 % de la surface agricole utile, la vigne consomme 20 % des pesticides vendus en France. Comme l'explique Xavier David-Beaulieu, ingénieur et propriétaire du château-coutet, premier cru classé de Saint-Émilion, les gros engins viticoles actuels font souffrir les ceps lors des opérations de désherbage mécanique destinés à réduire l'usage des herbicides. D'où l'idée de confier cette tâche à des robots comme Vitirover, né en 2010, dont la technologie est proche de celle des tondeuses à gazon autonomes : *« Il est équipé d'un girobroyeur électrique, mû par un panneau solaire, qui se déplace de façon aléatoire*



FORCE-A

À partir de mesures effectuées dans les champs, certaines sociétés proposent des services de cartographie pour connaître la teneur en chlorophylle (en vert) et en azote (en bleu) de parcelles (ici en Champagne).

NAÏO TECHNOLOGIES

Le robot de maraîchage Oz reconnaît le terrain et tracte une bineuse pour travailler le sol ou des wagonnets pour recueillir la récolte.

VITIROVER

Vitirover fonctionne grâce à un panneau solaire. Il est destiné au désherbage des vignes.

entre les rangs », résume Arnaud de la Fouchardière, directeur général de la toute nouvelle société à l'origine de cette innovation. Marché ciblé : les 70 % des 7,2 millions d'hectares encore traités aux herbicides. Les dix premiers engins seront livrés en fin d'année au prix unitaire de 5000 €.

Le concepteur de Wall-Ye, Christophe Millot, un informaticien, a réalisé la numérisation de cadastres viticoles en Alsace et en Bourgogne. Il a pour cela développé des algorithmes de reconnaissance de formes qui permettent aux propriétaires de ne jamais se tromper de parcelles lors des inventaires cadastraux. « *J'ai eu l'idée d'adapter ces algorithmes à la reconnaissance des feuilles, des fruits et des sarments*, explique Christophe Millot. *La miniaturisation des processeurs et la qualité des webcams m'ont permis de créer un robot capable de tailler la vigne.* » La tablette PC intégrée au robot est chargée d'interpréter les images de six caméras embarquées et de commander les sécateurs électriques. « *La difficulté réside à 80 % dans le déplacement de l'engin*, souligne Christophe Millot. *L'informatique embarquée ne se trompe jamais sur ce qu'elle doit couper, mais elle est à la merci d'un obstacle ou d'un animal.* »

La foire aux innovations est ouverte. « *La France est en pointe sur cette question au niveau mondial, notamment pour la vigne* », constate Roland Lenain, chercheur à l'Irstea. Les recherches françaises figurent ainsi en bonne place du Field Robotics Challenge organisé par l'université néerlandaise de Wageningen entre tous les laboratoires européens. Au Japon, c'est, sans surprise, la robotisation de la culture du riz qui est étudiée. Aux États-Unis, la recherche est portée par l'université Carnegie Mellon (Pennsylvanie). Elle prend une forme particulière dans ce pays aux vastes champs. Il s'agit d'automatiser de gros engins pour épargner à l'homme des heures de labours et lui éviter le contact avec les pesticides. Des recherches qui effraient les informaticiens. Et si un tracteur avait un bug ? Peut-on imaginer un engin fou de plusieurs tonnes errant dans la campagne ? Les robots semblent condamnés à rester petits. ■ **Loïc Chauveau**

Alain Corbin, Fayard, 364 pages, 23 €

La douceur de l'ombre. L'arbre, source d'émotions, de l'Antiquité à nos jours

Se laisser tenter par l'éclat d'un souvenir... Pourquoi pas ? L'apparition soudaine dans une forêt de l'Ardèche d'un majestueux séquoia peut bel et bien couper le souffle ! Est-ce la sidération dont parle l'historien Alain Corbin dans ce livre ? L'auteur trace en effet une histoire singulière des sensations changeantes éprouvées face à l'arbre depuis l'Antiquité. Admiration, émerveillement, rêverie, effroi, compassion, empathie, délectation, érotisme. L'éventail d'émotions déclenchées par ces rencontres troublantes est aussi vaste que la panoplie de grands écrivains qui en ont fait les récits, mis en perspective ici de façon subtilement érudite. De Platon à Virgile, de La Fontaine à Gérard de Nerval, jusqu'à Thoreau ou Sartre, les expériences se croisent dans un unique lieu : celui où la noblesse de l'arbre a secoué l'âme des hommes. ■ **A. De B.**

Catherine Vadon, Belin, 224 pages, 29,50€

Merveilleux crabes. 101 histoires pour un éloge de la biodiversité

Chaque année, à la saison des pluies, des millions de crabes rouges sortent de la forêt de l'île de Christmas dans l'océan Pacifique. En 5 à 7 jours, ils arrivent en même temps – les rapides attendant les lambins – sur la côte pour copuler au bord de l'eau. Leur densité peut atteindre 40 individus par mètre carré ! Les mâles rentrent ensuite à la maison, pendant que les femelles attendent encore 15 jours pour relâcher à la mer leurs 100 000 œufs chacune. Des histoires comme celle-là, l'auteur en livre des dizaines, richement illustrées, puisées dans un vivier de 7000 espèces de crabes connues, mesurant de quelques millimètres à près de 4 mètres d'envergure. Depuis le fond des mers jusqu'à 4000 kilomètres d'altitude, ils ont colonisé presque tous les océans et les mers du globe. ■ **S. R.**

ARCHÉES (anciennement dénommées archéobactéries) : micro-organismes unicellulaires sans noyau, vivant souvent dans des milieux extrêmes (grande profondeur, forte salinité).

BACTÉRIES : micro-organismes composés d'une cellule unique sans noyau.

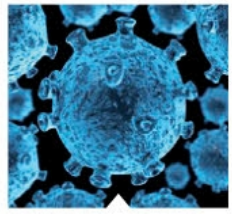
EUCARYOTES : tous les organismes uni ou pluricellulaires dont les cellules possèdent un noyau (cellules animales, végétales, humaines).

Virus géants : de véritables aliens !

Des virus de la taille de certaines bactéries sont régulièrement découverts. Aujourd'hui, deux autres encore plus gros viennent d'être isolés. La complexité génétique de ces « Pandoravirus » pourrait bouleverser l'organisation du vivant.

Par Marc Gozlan

C'est une découverte de taille, dans tous les sens du terme. L'équipe de Jean-Michel Claverie et Chantal Abergel (CNRS, université d'Aix-Marseille) a rapporté en juillet dans la revue *Science* l'existence de deux nouveaux virus... démesurés ! Présents dans des sédiments prélevés au large du Chili et au fond d'une mare d'eau douce en Australie, ils sont tellement énormes qu'on peut les voir au microscope optique sous la forme de particules ovoïdes de 1 micromètre de long. Soit une taille 100 fois supérieure à celle des plus petits virus et environ 10 fois celle du virus de la grippe ou du sida. La dimension de leur génome est telle qu'elle atteint celle des plus petites cellules à noyau (eucaryotes) ! Du coup, le fossé dimensionnel qui séparait jusqu'alors le monde des virus de celui des micro-organismes cellulaires, longtemps considéré comme infranchissable, est comblé. Une fois pour toutes. « *Cette discontinuité entre le monde viral et cellulaire avait été érigée en dogme depuis les fondements de la virologie moderne dans les années 1950*, souligne le Pr Claverie. *Cette découverte nous montre qu'il existe des formes de vie non encore reconnues sur notre planète* ». Ces virus supergéants ont été baptisés « Pandoravirus ». « *À la fois pour évoquer leur forme en amphore et pour indiquer qu'ils renferment un matériel génétique mystérieux qui présage d'importantes révolutions conceptuelles* », confie le chercheur.



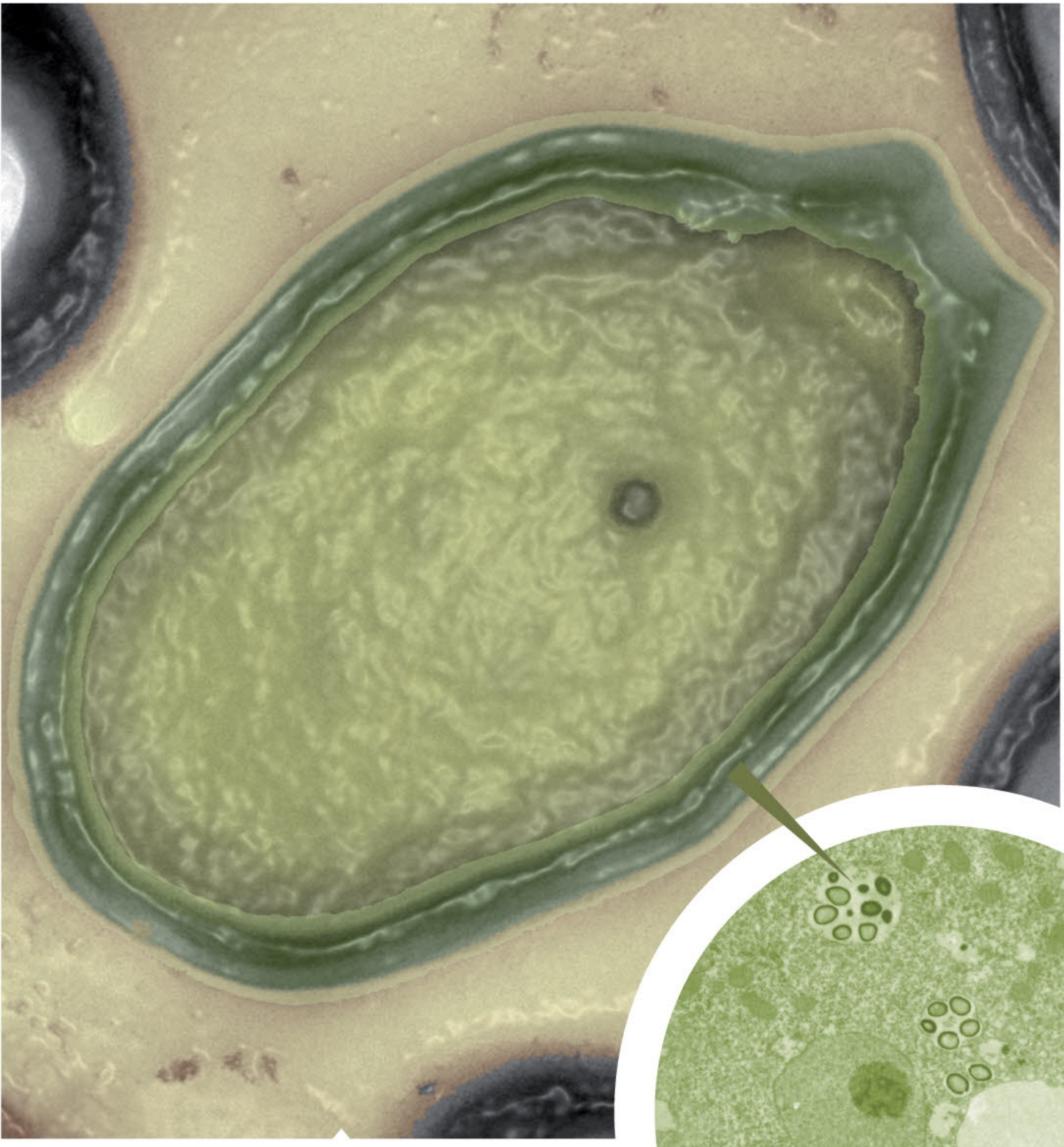
PHANIE/SPL/ROBERT BROCKSMITH

Le virus du sida, dix fois plus petit que les Pandoravirus, ne contient que 9 gènes, contre 2500 pour *Pandoravirus salinus*.

Ils ne sont certainement pas rares

Si leur gigantisme surprend, ce n'est cependant pas la première fois que les scientifiques détectent des virus de grande taille. Les professeurs Didier Raoult et Bernard La Scola (CNRS, Marseille), en collaboration avec Jean-Michel Claverie, rapportaient il y a dix ans dans la même revue avoir isolé, dans une amibe, un virus tellement gros qu'il avait d'abord été pris pour une bactérie intracellulaire lorsqu'il avait été observé pour la première fois, dans les années 1990. Ce virus, baptisé Mimivirus, avait déjà fait l'effet d'une bombe. Son génome renfermait en effet 1,2 million de bases et environ 1 000 gènes, son ADN étant plus gros que celui de 25 bactéries dont le génome a été entièrement séquencé. Mais un autre virus géant devait lui ravir le record, en 2011 : *Megavirus chilensis*, isolé par le laboratoire du Pr Claverie au large des côtes chiliennes. Soit 1,25 million de bases et 1120 gènes. Un nombre qui dépasse le contenu en gènes de plus de 150 bactéries.

Et c'est précisément ce dernier record que viennent de pulvériser les deux Pandoravirus qui laissent les chercheurs perplexes. L'un, *Pandoravirus salinus*, provient d'un sédiment récolté à 10 mètres de profondeur près des côtes du Chili. Il renferme un génome de 2,47 mégabases (Mb), deux fois plus gros que *Megavirus chilensis*.



IGS CNRS - AMU/ PHILIPPE ET C. ABERGEL

Pandoravirus salinus, observé ci-dessus au microscope électronique, a été isolé en mettant en contact les sédiments qui le contenaient avec des amibes, véritables « pièges à virus » où il s'est multiplié (à droite, amibe infectée de virus supergéants).

TRANSFUSION

Un virus géant isolé chez des donneurs de sang

Il est acquis désormais que des virus géants peuvent contaminer des humains non malades. Cette infection entraînerait peu de symptômes.

Les virus géants peuvent-ils se retrouver dans le sang? Oui, répondent Christelle Desnues et ses collègues de l'équipe du Pr Didier Raoult (CNRS, Marseille), qui rapportent pour la première fois en avoir isolé un chez un donneur! Leurs résultats ont été publiés en juillet 2013 dans le *Journal of Infectious Diseases*, les chercheurs décrivant ainsi Giant Blood Marseille-like virus (GBM), un virus apparenté au virus géant Marseillevirus (250 nanomètres, 368 000 bases) isolé en 2007 dans des amibes provenant de l'eau d'une tour aéroréfrigérante parisienne. Pour le repérer, les scientifiques ont analysé le sang collecté à Marseille auprès de dix donneurs en bonne santé apparente. Délaissant le procédé habituel d'isolement d'éventuels virus, ils n'ont pas utilisé des filtres standards munis de pores de 220 nm, mais des filtres de 450 nm, laissant donc passer les gros virus. C'est ainsi qu'après centrifugation et séquençage de l'ensemble des génomes viraux, les chercheurs ont, à leur grande surprise, détecté la signature génétique d'un Marseillevirus. « *Au début, nous n'étions pas convaincus que nos données étaient correctes car ce virus n'a été isolé que dans notre laboratoire. De là à penser qu'il pouvait s'agir d'une contamination des tubes! Mais il n'en est rien. Il s'agit d'une autre souche virale proche de Marseillevirus* », raconte le Pr Bernard La Scola. Le nouveau virus GBM a été séquencé et même visualisé en microscopie électronique.
Les chercheurs ont ensuite testé 20 autres donneurs de sang prélevés à Montpellier. Résultat : trois avaient des anticorps anti-GBM, preuve qu'ils avaient déjà rencontré le virus. Chez deux d'entre eux, l'ADN viral a été détecté. La présence concomitante d'anticorps spécifiques et du virus dans le sang suggère la possibilité d'une présence chronique, autrement dit d'une infection virale persistante. Le possible rôle pathogène de ces virus géants reste à déterminer. L'infection à GBM ayant été détectée chez des donneurs de sang ne présentant aucun signe clinique, il se peut que cette infection reste silencieuse ou n'entraîne que de légers symptômes. Des développements sont à prévoir.
Une étude réalisée par le Pr Gilbert Greub (université de Lausanne) auprès de donneurs de sang, à paraître en novembre prochain dans *Intervirology*, rapporte une fréquence très élevée d'anticorps spécifiques à un autre virus géant, le *Lausannevirus*.

AFP/MYCHEL DAMIAU

Pour détecter les virus géants, le sang a été filtré selon des procédés particuliers.

Avec ses 2 500 gènes, son génome dépasse celui de beaucoup de bactéries et rivalise avec certaines cellules eucaryotes. L'autre, *P. dulcis*, a été isolé à partir d'un échantillon de boue prélevé au fond d'une mare d'eau douce près de Melbourne (Australie), et son génome atteint 1,91 Mb. « *On peut désormais penser qu'il n'y a pas de limites strictes à la taille des génomes viraux et des particules virales et imaginer qu'on découvrira des virus encore plus gros* », s'enthousiasme le Pr Eugene Koonin, du National Center for Biotechnology Information (Bethesda, Maryland, États-Unis), qui qualifie la découverte de l'équipe française de « *magnifique* ».
« *Nous avons isolé ces deux virus quasi simultanément, à 15 000 kilomètres de distance et dans des environnements très différents, ce qui laisse à penser qu'ils ne sont pas du tout rares* », souligne Jean-Michel Claverie. Un avis partagé par Eugene Koonin. Pour repérer la présence de virus géants, Jean-Michel Claverie et son équipe ont mis en contact les sédiments prélevés avec des cultures d'amibes qui ont la capacité d'ingérer ces gros micro-organismes, les prenant sans doute pour des bactéries. Ils ont alors constaté la présence de volumineuses particules au sein des amibes, qui finissaient par mourir. Or, l'ajout d'antibiotiques n'interrompait pas la multiplication des inclusions : il ne s'agissait donc probablement pas de bactéries intracellulaires. Il s'avère que ces particules présentent les caractéristiques essentielles du monde viral, comme l'absence de ribosomes, ces

DR

« Cette découverte nous montre qu'il existe des formes de vie non encore reconnues sur notre planète »

Pr Jean-Michel Claverie, laboratoire Information génomique et structurale, CNRS, université d'Aix-Marseille.

« chaînes de montage » qui servent aux cellules à fabriquer leurs protéines à partir de l'ARN (dérivé de l'ADN). De même, elles ne produisent pas leur propre énergie et ne se divisent pas en deux pour se répliquer. Enfin, ces particules se reproduisent selon un cycle de réplication virale que les chercheurs ont pu suivre en microscopie optique et électronique.

Plusieurs mondes cellulaires auraient pu survivre

Outre leur taille hors norme, la forme des Pandoravirus ne laisse pas d'étonner les chercheurs. Tout en ovale, elle ne ressemble en effet en rien à celle des autres virus géants qui, tels des diamants, possèdent une coque rigide à vingt facettes régulières. Chose plus incroyable encore, ce nouveau type de virus géants ne possède aucun gène lui permettant de fabriquer la brique de base que l'on retrouve dans l'enveloppe virale traditionnelle, la *« protéine majeure »* de capside. Résultat : sa paroi est molle, et les chercheurs ignorent encore ce qui la constitue.

62
souches de virus géants officiellement recensées.

Par ailleurs, on ignore la manière dont les éléments constitutifs des Pandoravirus s'assemblent dans la cellule infectée pour former de nouvelles particules virales. Habituellement, y compris pour les éléments géants du type Mimivirus, les virus construisent d'abord une capside, autrement dit une boîte vide, dans laquelle vient ensuite se loger l'ADN viral. Rien de tel pour Pandoravirus. *« La boîte se construit en même temps qu'elle se remplit. Comme si contenant et contenu étaient tricotés simultanément. Du jamais vu ! »*, s'exclame Chantal Abergel. Plus troublant encore : seules 6 % des protéines fabriquées par les gènes de Pandoravirus ressemblent à celles répertoriées dans d'autres virus ou organismes cellulaires. *« Tout cela en fait de véritables* aliens, *avec 94 % de leurs gènes qui n'ont rien en commun avec ceux des bactéries, archées et eucaryotes, qui représentent les trois domaines du vivant ! »*, souligne Jean-Michel Claverie.

Ces virus sont si étranges et complexes que les chercheurs ont été amenés à vérifier qu'ils utilisent bien le code génétique universel, celui qui permet à la totalité des organismes vivants sur Terre de traduire le message porté par les gènes en protéines. Ce qui, finalement, est bien le cas... Mais le fait que les Pandoravirus ne présentent quasi aucune homologie avec les archées, les bactéries ou les eucaryotes amène à se poser la question de savoir s'ils ne constitueraient pas *« une sorte de quatrième domaine du vivant »*, se demande Eugene Koonin. En fait, souligne Jean-Michel Claverie, *« c'est comme si les Pandoravirus faisaient partie d'une branche qui n'appartient pas à l'arbre du vivant que l'on connaît. Ils pourraient avoir évolué à partir d'un monde cellulaire totalement différent de celui qui nous est familier aujourd'hui »*. Le chercheur émet ainsi l'hypothèse qu'il y a 3 milliards d'années, il existait peut-être plusieurs mondes cellulaires parallèles qui coévoluaient en compétition avant que l'un d'entre eux ne l'emporte et ne donne naissance à la première cellule à l'origine des trois domaines du vivant. *« L'un ou plusieurs des autres mondes cellulaires vaincus se seraient débrouillés pour survivre en devenant des parasites obligatoires des vainqueurs »*, autrement dit des virus. Il n'y a donc pas de raison *a priori* pour que l'histoire des Pandoravirus s'arrête là. Une autre découverte surprenante est d'ailleurs annoncée pour bientôt... ■

PNEUMOLOGIE

Une patiente atteinte de pneumonie porteuse d'un Mimivirus

Il s'agit du seul cas connu parmi des centaines de personnes testées souffrant de cette maladie.

Il mesure 550 nanomètres (1 nm = 10^{-9} m) et son génome comporte 1,23 mégabase. S'il est fréquemment retrouvé dans les lacs, rivières, fontaines, mais également dans la mer et le sol, il vient pour la première fois d'être isolé à Marseille chez une patiente de 72 ans hospitalisée en Tunisie et souffrant de pneumonie. Baptisé LBA111, ce mimivirus a été isolé sur des prélèvements respiratoires rapportés à des fins d'analyse par des chercheurs tunisiens en stage dans le laboratoire du Pr Didier Raoult. *« C'est la première fois qu'on rapporte l'isolement d'un Mimivirus dans un échantillon biologique humain »*, affirme Didier Raoult. Cette malade est cependant la seule, parmi 196 autres patients tunisiens présentant également une pneumonie, chez laquelle les chercheurs sont parvenus à isoler le virus géant dans divers prélèvements respiratoires : lavages broncho-alvéolaires (LBA), aspirations bronchiques, biopsies pulmonaires, ponctions pleurales. Un résultat qui fait dire au Pr Bernard La Scola (CNRS, Marseille) que *« ce virus n'est sûrement pas très fréquent dans ces affections. Nous ne l'avons pas non plus retrouvé dans 2637 prélèvements respiratoires effectués chez des patients français souffrant de pneumonie »*. Quatre autres études n'avaient jusqu'alors pas permis de détecter le virus géant, notamment celle menée par les Centres de contrôle et de prévention des maladies d'Atlanta (États-Unis), conduite en 2008 auprès 496 patients atteints de pneumonie. Mais ces résultats s'expliquent peut-être par la difficulté à disposer d'outils moléculaires spécifiques capables de détecter ce virus qui possède une énorme diversité génétique, souligne le Pr Didier Raoult, dont les travaux ont été publiés en août dans la revue *Clinical Infectious Diseases*.

Les algues à l'abordage de nos assiettes

Ces « légumes de la mer », dégustés partout dans le monde, séduisent enfin les consommateurs français. Riches en sels minéraux et en oligoéléments, ils doivent toutefois être consommés sans excès du fait de leur forte teneur en iode.

Nage de homard breton à la laitue de mer, sole à la vapeur de wakamé... Si les algues ont su éveiller la curiosité des chefs français (1), pour beaucoup, elles restent encore ces végétaux visqueux peu agréables au contact lors de la baignade. Pourtant, tout autour de la planète, le long des côtes baignées par les courants froids et oxygénées par les tourbillons et les brassages, les algues marines sont appréciées pour leurs qualités gustatives et leurs propriétés nutritives. Plantes-médecine dans la tradition orientale, elles furent jadis stockées à bord des navires par les marins lors des grandes traversées, emportées dans les charrois des guerriers celtes lors de leurs marches conquérantes. De nos jours, plus pacifiquement, les petits Chiliens les dégustent dans des sucettes aromatisées (2). Ce sont les Japonais qui détiennent le record de consommation d'algues, avec plus d'une vingtaine d'espèces cuisinées, représentant plus de 10 % de leur alimentation.

Leur production dans l'Hexagone, où elles sont cultivées en Bretagne depuis les années 1950, a eu longtemps comme but principal l'extraction d'agents de texture pour l'industrie agroalimentaire, qui les utilise sous les noms peu évocateurs d' E401 à E 407. Mais depuis une quinzaine d'années, grands chefs et magasins bio proposent des algues en condiments, en sels, en pâtés, en tartares, en soupes. L'attrait encore plus récent pour la nourriture japonaise a fini de les placer sur le devant de la scène, et l'engouement pour les salades de wakamé et les makis entourés d'algues nori s'affiche au rayon frais des supermarchés, mettant à la portée de tous leurs atouts nutritionnels.

9,5 millions de tonnes

C'est la consommation mondiale annuelle d'algues alimentaires. L'algoculture produit 8,5 millions de tonnes d'algues alimentaires chaque année, tandis que 1 million de tonnes d'algues sauvages sont récoltées. En France, la production, concentrée en Bretagne, est d'environ 100 tonnes par an. (Source : Ifremer.)

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

PIGMENTS VÉGÉTAUX Ils absorbent certaines radiations lumineuses, dont la couleur varie selon la longueur, et renvoient les autres, notamment vers notre œil. Ainsi, la chlorophylle est verte car elle absorbe le rouge, le bleu et non le vert.

MACROALGUES Organismes vivants, le plus souvent aquatiques, capables de photosynthèse, de grande taille (visibles à l'œil nu), par opposition aux microalgues, microscopiques.

GOÎTRE Maladie liée à un déficit en iode qui se caractérise par une augmentation du volume de la glande thyroïde dans le but de capter un maximum d'iode.

Les algues comestibles se divisent en trois familles selon leur couleur

Parmi les quelque 10 500 espèces de macroalgues marines connues, aucune n'est *a priori* toxique pour l'homme, qui n'en consomme cependant qu'une vingtaine. Ces « légumes de mer » sont classés en trois familles selon leur couleur verte (chlorophycées), brune (phéophycées) ou rouge (rhodophycées). Les différentes teintes témoignent des processus chimiques conduisant à la photosynthèse. Celle-ci est effectuée par la chlorophylle, un pigment vert présent dans toutes les algues. Mais elles se parent d'autres pigments selon la profondeur à laquelle elles se trouvent, afin de capter au mieux la lumière qui parvient jusqu'à elles. Les pigments rouges et bruns sont capables de capter l'énergie de rayons lumineux auxquels n'est pas sensible la chlorophylle, puis de la lui transmettre pour qu'elle effectue la photosynthèse (3). Ainsi les algues vertes (laitue de mer) s'épanouissent en surface tandis que les algues rouges (nori, dulse) et brunes (wakamé, kombu) croissent en eaux profondes.

Ce sont des concentrés de nutriments

Véritables éponges, les algues marines sont gorgées de sels minéraux (calcium, fer, magnésium, phosphore, sodium et potassium) et d'oligoéléments (iode, cuivre, cobalt, zinc, sélénium et chrome) qu'elles extraient de l'eau de mer pour se nourrir : de 8 à 34 % de leur poids selon les espèces et les saisons. Également riches en protéines, elles peuvent procurer à celui qui les consomme 8 des 12 acides aminés qui doivent être fournis par l'alimentation. (4).

Elles sont intéressantes pour leur iode

Les algues sont les aliments les plus riches en iode, qui s'y concentre jusqu'à mille fois plus que dans l'eau de mer (5). L'iode est indispensable à la production des hormones thyroïdiennes. Une carence sévère peut entraîner l'apparition d'un goître et d'un retard mental. Toutefois, la teneur en iode varie selon le mode de conservation. Ainsi, les algues en saumure perdent les neuf dixièmes de leur iode, le sel cassant les molécules qui les contiennent, laissant l'iode s'évaporer. Le corps n'ayant besoin que de 100 à 300 µg d'iode par jour, elles demeurent intéressantes. On peut cependant leur préférer les algues déshydratées ou fraîches. Attention toutefois, ces dernières ne se conservent qu'une journée. Bien que marines, les algues sont peu salées, sauf celles en saumure, qu'il faut impérativement dessaler dans de l'eau douce avant usage.

Les consommer en excès peut être néfaste

La dose fait le poison ! Ainsi, le kombu, extrêmement riche en iode, doit être utilisé avec précaution, car l'excès d'iode peut provoquer nausées et vomissements, voire des insuffisances rénales. 5 g de kombu déshydraté ou 15 g de kombu frais apportent la dose journalière recommandée.

Les algues envahissent l'industrie agroalimentaire

Si 75 % de la production d'algues sont consommés directement, les 25 % restants sont destinés à l'industrie agroalimentaire (6). Elles sont utilisées comme gélifiants, exhausteurs de goût ou épaississants dans de nombreux produits. Les alginates — E 401 jusqu'à E 404 — extraits des algues brunes, et les carraghénanes —E 407–, tirés des algues rouges, sont riches en phycocolloïdes. Ces glucides complexes acaloriques leur confèrent un fort pouvoir gélifiant, indispensable pour donner aux crèmes glacées industrielles leur texture homogène ou pour se substituer à la gélatine dans la charcuterie ou les yaourts 0 %. ■

Marie-Noëlle Delaby

(1) **Algues et gastronomie.** Christine Le Tennier. La cuisine aux algues par les grands chefs de Bretagne, Palémon Éditions, 2009.

(2) **Algues, vertus et bienfaits,** Carole Dougoud, Anagramme Éditions, 2010

(3) **Des algues et des couleurs. Des pigments pour capter la lumière,** document disponible sur www-iuem.univ-brest.fr

(4) **Les Algues, un monde à découvrir,** Géraldine Teubner, éditions Quebecor.

(5) **Le Guide de l'algue alimentaire,** édition 2009, Cevam (Centre d'étude et de valorisation des algues marines du Québec de l'université Laval).

(6) **Les Secrets des algues,** Véronique Leclerc et Jean-Yves Floc'h, éditions Quae, Versailles, collection « Carnets de sciences », 2010.

Raymond Kaas Chercheur à l'Ifremer

Un révélateur de pollution

Aucune macroalgue n'est intrinsèquement toxique pour l'homme. Mais elles sont d'excellents témoins de la qualité de leur environnement, qui absorbent tout élément passant à leur portée. Elles peuvent donc être contaminées par des polluants, notamment des métaux lourds. Certaines espèces sont d'ailleurs utilisées pour détecter la pollution d'un milieu. Mais celles destinées à la consommation sont récoltées dans des zones répertoriées et contrôlées selon des normes très strictes. Enfin, les algues, qu'elles soient de France ou d'importation, font l'objet d'analyses dans des laboratoires accrédités par la DGCCRF* avant leur commercialisation.

* Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes.

Réussir sa pause déjeuner

Comment concilier restauration rapide et repas équilibré ? Explications et conseils autour de quatre menus types.

Sandwichs, salades de crudités, salades de pâtes, sushis... A 13 h 00, alors qu'un Français sur deux interrompt sa journée de travail pour une pause déjeuner, la restauration rapide rivalise d'imagination pour proposer des aliments qui satisfassent le plus grand nombre. *« Aujourd'hui pour une portion de sushis, il se consomme 8 kebabs, 23 hamburgers, 25 pizzas, 64 sandwichs et 168 pâtes »*, constate Bernard Boutboul, président de Gira Conseil, agence spécialisée dans la consommation alimentaire hors domicile. Car si le fameux repas gastronomique français a été élevé au rang de patrimoine immatériel de l'humanité par l'Unesco en 2010, la vente à emporter devance désormais la restauration traditionnelle pour toutes les catégories sociales, avec près de 54 % de parts de marché en 2012. *« Il y a quinze ans, l'offre concernait les étudiants. Aujourd'hui, elle s'adresse*

Le sandwich

Équilibré lorsque sa garniture représente plus de 50 % du total, avec parité entre crudités et protéines.

Points négatifs Il est souvent trop riche en pain (jusqu'à 70 %), en beurre ou en mayonnaise, et pauvre en crudités. Un sandwich « parisien » fournit ainsi en moyenne 280 kcal pour 100 g dont 10,5 g de lipides et 34,7 g de glucides, soit plus de 60 % des apports quotidiens conseillés en acides gras saturés et en glucides pour un sandwich de 300 g.

Conservateurs et colorants* Le pain industriel est souvent riche en additifs : gluten pour donner de l'élasticité à la pâte, acide ascorbique pour limiter l'oxydation, ou encore phosphates (E450) en tant qu'agents de levuration, qui doivent être limités à 0-70 mg/kg de masse corporelle/j.

Accompagnement Compléter l'apport insuffisant en crudités par un fruit, une barquette de tomates cerises ou une compote sans sucre ajouté.

Conseil nutritionnel** Remplacer le beurre ou la mayonnaise par du fromage frais ou une sauce vinaigrette moins riche en mauvais acides gras. Préférer du pain complet ou aux céréales, à l'assimilation plus lente. Éviter le pain brioché, gras et sucré.

Les sushis

Riches en protéines, oméga 3, iode et sels minéraux grâce notamment aux feuilles de nori (algues) des makis.

Points négatifs En dépit de leur image « minceur », ils sont assez caloriques : il faut compter entre 40 (petit sushi au saumon) et 70 kcal (maki californien avec avocat et mayonnaise). Attention à la sauce, très riche en sel, et au riz très cuit dont l'indice glycémique (IG) est élevé (70 à 80)***.

Conservateurs et colorants* Destinés à être consommés très frais, ils sont souvent exempts de conservateurs.

Accompagnement Les salades de chou cru ou de wakamé sont parfaites.

Conseil nutritionnel** L'Anses recommande depuis juin aux femmes en âge de procréer de limiter leur consommation de poissons fortement bio-accumulateurs (anguilles, thon sauvage). Ils augmentent le risque de surexposition aux contaminants chimiques (dioxines, mercure, PCB) dont l'action toxique sur le système nerveux central est importante chez le fœtus (1). Le poisson cru est également déconseillé aux personnes enceintes, âgées ou immunodéprimées, plus sensibles aux micro-organismes pathogènes non détruits par la cuisson.

1. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation : « Poissons et produits de la pêche : synthèse des recommandations de l'Agence », www.anses.fr

tout autant aux cadres », observe l'expert. Afin de séduire cette nouvelle clientèle, le marché hexagonal est passé en douze ans de deux produits phares — le sandwich et le hamburger — à une vingtaine ! Car la France s'attache à une offre haut de gamme, la restauration rapide jouant volontiers la carte de « l'exception culinaire » française en revendiquant un savoir-faire et des produits de qualité. De grands noms de la gastronomie n'hésitent plus à s'associer à la restauration rapide, à l'instar des bouchers « stars » Hugo Desnoyers et Yves-Marie Le Bourdonnec, qui ont respectivement investi dans un kebab et une enseigne de hamburgers de luxe, tandis que les marques de fast-food communiquent sur l'utilisation de produits estampillés Appellation d'origine protégée (AOP).

2,1 milliards de sandwichs vendus en 2012 en France tous circuits de distribution confondus, 62 % étant des jambon-beurre.

3,34 € le prix moyen d'un sandwich en France tous secteurs confondus.

Quand la pause est trop rapide, on mange sans faim

Une particularité unique au monde, due en grande partie au mode de consommation des Français. « *Les Français apprécient la restauration rapide, mais pas le fast-food !* souligne en effet Bernard Boutboul. *Ce dernier définit une nourriture consommée en marchant. Or, contrairement aux Anglo-Saxons et aux Asiatiques, les Français, même s'ils emportent le déjeuner qu'ils viennent d'acheter, finissent toujours par s'asseoir pour le déguster.* » Qui plus est en prenant leur temps !

La pause déjeuner se stabilise depuis trois ans au-dessus des 20 minutes, quand les Autrichiens les Danois ou encore les Polonais, y consacrent moins d'un quart d'heure en moyenne. « *20 minutes correspondent au temps nécessaire pour que le cerveau et le corps prennent conscience de ce qu'ils ingèrent*, rappelle Isabelle Mallet, nutritionniste chez Noteo, association indépendante de notation des produits de grande consommation. *Lorsque nous regardons et sentons la nourri-*

Le hamburger

Fournit de bonnes quantités de protéines et féculents tout en restant acceptable en calories.

Points négatifs Attention à la garniture : bacon, oignon frit et panure n'apportent que des acides gras saturés. Le pain grillé a un fort indice glycémique***, de même que les « potatoes » ou les frites.

Conservateurs et colorants* On trouve souvent des conservateurs dans le pain et des colorants dans le fromage, les sauces, et même le poulet ou les panures (pour l'aspect doré).

Accompagnement Compléter par une petite salade de crudités et éventuellement un produit laitier en l'absence de fromage.

Conseil nutritionnel** Choisir les recettes les plus simples : le hamburger plutôt que le « cheese » ou le poulet et le poisson panés.
Le préférer avec un maximum d'ingrédients : tomates, oignons frais, salade, filet de poulet non pané.

La salade de pâtes

Elle peut constituer un repas complet et équilibré si elle contient des protéines (poulet, thon, jambon) et du fromage.

Points négatifs Composée de pâtes industrielles sans crudités ni protéines, elle contient trop de lipides.

Conservateurs et colorants*
Les recettes avec crudités ou œufs incorporent notamment des nitrites de sodium (E250) utilisés pour lutter contre les bactéries nocives mais pouvant générer des dérivés cancérogènes. Ils sont interdits dans le bio. La FAO conseille d'en limiter l'apport à moins de 0,06 mg/kg de masse corporelle par jour.

Accompagnement Lorsque la salade est exempte de fromage et de protéines, elle peut être prise avec un produit laitier pour apporter protéines et calcium.

Conseil nutritionnel** Privilégier les légumineuses (lentilles, haricots secs) ou les céréales complètes, plus lentes à assimiler que les pâtes, le riz ou le pain blancs. Enrichie en crudités, la salade peut fournir jusqu'à 2 des 5 portions de fruits et légumes recommandées quotidiennement (une portion = 80 g).

* Les produits vendus par la grande distribution sont en principe conformes à la réglementation et les substances et additifs connus pour leurs effets néfastes sont ici à des doses néanmoins autorisées ! ** Ces éléments ont été réalisés avec le concours d'Isabelle Mallet, nutritionniste chez Noteo, association indépendante de notation des produits de grande consommation. *** L'IG de référence est celui du glucose, égal à 100. En dessous de 55 on parle d'IG bas, entre 55 et 70 d'IG modéré et au-dessus de 70 d'IG élevé. Plus l'indice est haut, plus les glucides font rapidement et fortement grimper la glycémie.

PHOTOS : BERNARD MARTINEZ

GIRA CONSEIL

« Les Français associent davantage la pause déjeuner à la notion de plaisir qu'à celle de santé, qu'ils réservent aux repas à domicile où l'on rattrape les excès extérieurs »

Bernard Boutboul, président de Gira Conseil, agence spécialisée dans la consommation alimentaire

ture, la faim naît, nous salivons, et les processus organiques qui mènent à la satiété s'activent. Quand la pause est trop rapide, la conscientisation est trop brève, ce phénomène ne se déclenche pas. On mange alors sans faim et souvent sans fin. » Revers de la médaille : la restauration rapide à la française est la plus chère au monde, allant d'environ 4 euros en grande distribution et commerces de proximité à plus de 13 euros dans des chaînes haut de gamme pour un menu type plat-dessert-boisson.

Face à l'embarras du choix, l'offre la plus saine n'est cependant pas forcément la plus prisée... D'autant que « *les Français associent davantage la pause déjeuner à la notion de plaisir qu'à celle de santé, qu'ils réservent plus volontiers aux repas à domicile où l'on rattrape les excès extérieurs* », explique Bernard Boutboul. Résultat : le célèbre « parisien », sandwich constitué d'un duo emmental-jambon diététiquement répréhensible, représente 62 % des ventes de sandwichs ! Quant aux plats, ils sont dans 70 % des cas accompagnés de frites. Faut-il pour autant privilégier les crudités, aux vertus apparemment complètes ? Non, répond Isabelle Mallet, nutritionniste : « *Contrairement aux idées reçues, se contenter d'une salade de crudités à midi n'est guère plus diététique !* »

La notion de plaisir ne doit pas être négligée

Le déjeuner doit en effet fournir entre 700 et 800 kcal, selon le sexe et l'activité, sur les 2000 kcal en moyenne de la journée. A trop se restreindre, on risque de céder à la fringale de 16 h qui pousse vers des aliments souvent très gras et sucrés. « *La notion de plaisir ne doit donc pas être négligée*, insiste la nutritionniste. *Elle permet d'éviter les écarts alimentaires et passe par la variété et la saveur.* » Un déjeuner —même pris « sur le pouce » — doit donc comporter des fruits et légumes, une source de féculents, une source de protéines et un produit laitier.

31 minutes consacrées à la pause déjeuner
par les Français (en moyenne). Elle durait 1 h 38 min en 1975.
(SOURCE GIRA CONSEIL)

2 h 22 min consacrées aux repas
sur la journée entière.
(SOURCE : INSEE, ENQUÊTE EMPLOI DU TEMPS 2009.)

73,5 % de croissance
du chiffre d'affaires de la restauration rapide de 2004 à 2012.

53,74 % de parts de marché
de la restauration rapide, par rapport à la restauration dite traditionnelle avec service à table en 2012.

Peu de Français grignotent entre les repas

Il est également conseillé de panacher son menu au sein même de ces familles d'aliments. En cela, les salades composées et les sandwichs, à condition d'être riches en garnitures, offrent une multitude de variations intéressantes. Les mets dont la composition varie moins, comme les hamburgers ou les sushis, doivent être accompagnés « intelligemment », autrement dit sans frites ni riz, mais avec une salade, des légumes ou des crudités...

Reste qu'en optant pour une restauration rapide respectueuse d'un certain cadre alimentaire, les Français font encore rempart à l'épidémie de surcharge pondérale qui frappe de nombreux pays dans le monde et, malgré les facilités croissantes pour manger à toute heure, 85 % de nos concitoyens affirment ne pas — ou peu — grignoter entre les repas. Un réflexe aussi tenace que précieux, sur lequel les fast-foods continuent de se casser les dents en dépit de leur offre en continu, enregistrant toujours 80 % de leurs recettes aux heures des repas. ■ **Marie-Noëlle Delaby**

HISTOIRE

La pause déjeuner, un héritage monastique

Au Moyen Âge, elle permettait de satisfaire au plus vite aux nécessités du corps pour mieux se consacrer à celles de l'esprit.

Au regard de l'évolution somme toute assez récente de la pause déjeuner, il est amusant de constater qu'à l'origine, la pause de midi était déjà liée à l'idée de précipitation ! La sacro-sainte coupure se structure en effet au Moyen Âge au sein des monastères dans le but d'expédier au plus vite le besoin de s'alimenter, basse préoccupation terrestre, pour se remettre aussitôt à l'étude des saintes écritures. Ce n'est qu'au fil des siècles qu'elle sera tout d'abord adoptée par l'aristocratie puis par la bourgeoisie, et enfin revendiquée par les ouvriers comme un acquis social à partir du XIXe siècle.

Par le Dr Pierre Miquel

2 fois plus

de risque de cancer de l'estomac en cas de régime riche en sel, en glucides et en lipides saturés comparativement à une alimentation accordant une grande place aux fruits et aux légumes. L'analyse de 16 études publiées entre 1985 et 2012 dans le monde entier confirme l'intérêt de manger au moins 5 fruits et légumes par jour.

RHUMATOLOGIE

La dépression peut annoncer une polyarthrite rhumatoïde

Selon une étude sur la polyarthrite rhumatoïde présentée au dernier congrès de la Ligue européenne contre le rhumatisme (EULAR) et regroupant 500 patients, le meilleur prédicteur d'invalidité n'est pas la maladie en elle-même, avec les déformations et la destruction des articulations qu'elle entraîne, ni la fatigue ou les douleurs, mais la présence d'une dépression sévère. Il faudrait donc mieux traiter cette dernière.

Medscape, 15 juin 2013.

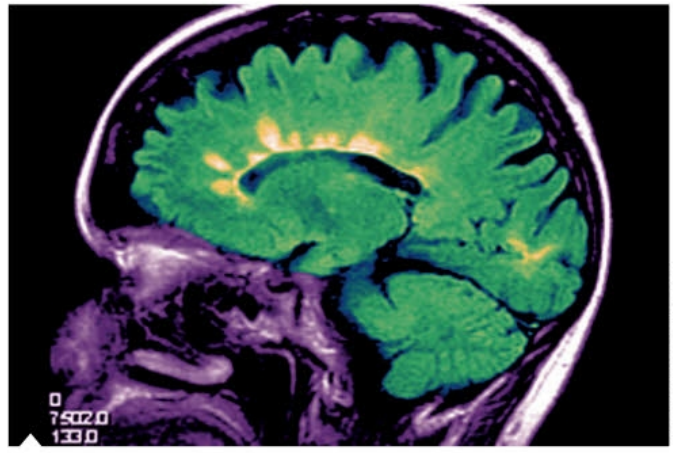


PHOTO RESEARCHERS/PHANIE

Cerveau d'une personne atteinte de sclérose en plaques vu par IRM.

NEUROLOGIE

Le tabac accélère la sclérose en plaques

De nombreuses études avaient déjà montré que le tabagisme augmente fortement (de 50 % environ) le risque de survenue d'une sclérose en plaques. Aujourd'hui, les chercheurs viennent de mettre en exergue qu'il exerce également un effet néfaste sur l'évolution de cette maladie neurologique, associant des troubles sensitifs, sensoriels et moteurs. Selon une étude menée pendant dix-sept ans chez 900 patients des deux sexes âgés de 50 ans, les scores de sévérité obtenus sur les échelles de cotation du handicap sont significativement supérieurs chez les fumeurs (3 à 16 cigarettes par jour). Fait notable et non relevé jusqu'ici, ces scores sont plus élevés chez les fumeurs que chez les ex-fumeurs, que ces derniers aient arrêté de fumer avant ou après que la maladie se soit déclarée. L'arrêt du tabac devrait donc être encouragé chez les personnes souffrant de sclérose en plaques ou qui présentent des risques (familiaux par exemple) de développer la maladie. Brain, juillet 2013.

ENDOCRINOLOGIE

L'alcool à faibles doses exerce un effet protecteur contre l'hyperthyroïdie

La consommation modérée d'alcool (à savoir moins de 10 verres de vin par semaine) réduit de moitié le risque de développer une hyperthyroïdie. C'est ce que suggère une étude de cas-témoins conduite au Danemark auprès de 1200 personnes âgées de 20 à 80 ans. Cet effet protecteur s'observe également avec la consommation de bière. Il est indépendant de l'âge et du sexe, et serait lié à une inhibition des phénomènes d'auto-immunité.

Clinical Endocrinology, juillet 2013.

INFECTIONS NOSOCOMIALES

Le fléau des diarrhées à « Clostridium difficile » chez l'enfant

Clostridium difficile est une bactérie responsable de la plupart des diarrhées sévères survenant à l'hôpital chez certains patients (diarrhées nosocomiales). Ces infections ne touchent pas seulement les adultes. Les enfants sont également concernés. Le risque de décès en cours d'hospitalisation est très élevé : six fois plus que celui observé chez les enfants non infectés. Par conséquent, la prescription judicieuse d'antibiotiques et les mesures de prévention sont bien évidemment indispensables.

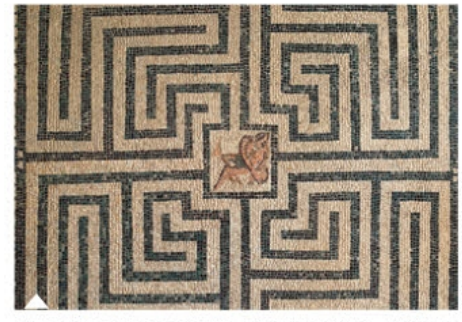
Clinical Infectious Diseases, juillet 2013.

PSYCHOLOGIE

Le sommeil favorise la mémoire spatiale

Le sommeil est bénéfique pour mémoriser les informations qui concernent l'espace environnant et qui permettent de s'orienter correctement. Une étude basée sur un test mesurant les aptitudes d'orientation spatiale — le test du labyrinthe virtuel — a été menée avec une trentaine de volontaires. Elle montre qu'après une nuit de sommeil succédant à un premier test, les participants trouvent plus vite la sortie du labyrinthe lors du deuxième test que les sujets qui n'ont pas eu une nuit de sommeil entre les deux tests. Ils circulent en effet plus facilement et avec moins d'erreurs.

Sleep, juillet 2013.



DE AGOSTINI/LEEMAGE

Mosaïque du Minotaure, Piadena (Italie), IVe siècle.

BURGER/PHANIE

Les tests cognitifs, principal outil actuel de diagnostic de la maladie, interviennent souvent à un stade déjà avancé de l'affection.

Une prise de sang pour diagnostiquer Alzheimer

La détection précoce de cette maladie neurodégénérative est un enjeu majeur de la recherche. Le nouveau test détecte des micro-ARN en circulation dans le sang.

UNE SIMPLE PRISE DE SANG suffira peut-être demain à diagnostiquer la maladie d'Alzheimer en quelques heures. En effet, alors que la prochaine Journée mondiale Alzheimer se déroulera le 21 septembre, des scientifiques allemands ont annoncé avoir identifié, dans le sang de personnes atteintes de cette pathologie, une « signature » protéique, c'est-à-dire 12 petites protéines qui ne sont pas exprimées en même quantité que chez les témoins en bonne santé. Or, l'un des objectifs principaux de la recherche est justement de trouver un moyen de détecter la maladie précocement. *« Pour la plupart des chercheurs, il faut pouvoir agir au stade débutant de l'affection*, explique Francis Nyasse, coordinateur d'études cliniques à l'Institut de la mémoire et de la maladie d'Alzheimer, à Paris. *De nombreux essais thérapeutiques vont dans ce sens (DIAN, solanezumab).* » *(Lire l'encadré p. 75.)*

225 000
nouveaux cas sont diagnostiqués chaque année en France.

1 malade sur 2
n'est pas dépisté.

Pour les médecins, un test idéal devrait être non seulement fiable, mais aussi non invasif, facile à mettre en œuvre, peu coûteux et réalisable avec les moyens d'un laboratoire d'analyses standard. On en est loin. Actuellement, à l'apparition des symptômes, le diagnostic est établi à l'aide de tests cognitifs. En cas de doute, il

THÉRAPEUTIQUE

À quand un médicament efficace ?

Le laboratoire pharmaceutique américain Eli Lilly a annoncé en juillet qu'il allait poursuivre les essais de son médicament, le solanezumab (un anticorps monoclonal). Son efficacité avait été montrée en 2012 pour les cas légers (à un stade débutant), à l'issue de 18 mois d'essai sur 2050 patients (*lire* Sciences et Avenir *n° 788, octobre 2012*). Le nouvel essai portera sur 2100 patients atteints de formes débutantes de la maladie et présentant des plaques amyloïdes visibles en imagerie. « *Nous sommes confiants sur le fait que cet essai montrera une différence entre le médicament et le placebo* », a affirmé Eric Siemers, directeur médical pour la maladie d'Alzheimer du laboratoire Eli Lilly. Un signal encourageant selon Francis Nyasse, de l'Institut de la mémoire et de la maladie d'Alzheimer, à Paris.

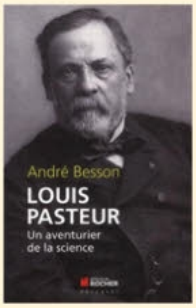
peut être complété par l'analyse du liquide céphalo-rachidien, prélevé par ponction lombaire (une méthode invasive). On y quantifie deux protéines suspectes qui pourraient être à l'origine du développement de la maladie : l'amyloïde A bêta 42 et la protéine tau. Enfin, on fait appel aussi à l'imagerie cérébrale. Un procédé coûteux qui permet de déceler, à l'aide de molécules radioactives, la présence d'amyloïdes accumulées sous forme de plaques dans le cerveau.

Le test est fiable dans 93 % des cas

Le nouveau test, élaboré à l'université de la Sarre à Hombourg (Allemagne) et décrit dans la revue *Genome Biology* du 29 juillet, détecte, lui, des micro-ARN en circulation dans le sang. Il s'agit de petits acides ribonucléiques (ARN) qui régulent la transcription des gènes. « *Nous travaillons sur l'analyse de l'expression des micro-ARN depuis 2009*, rapporte Petra Leidinger, coauteure de l'étude. *De fait, plusieurs travaux ont montré qu'une dérégulation de cette expression pouvait être impliquée dans des processus neurodégénératifs.* » Selon l'étude allemande, sur 140 micro-ARN analysés, 12 diffèrent entre les malades d'Alzheimer et les personnes saines. Le test, pratiqué sur 202 personnes, s'est révélé fiable dans 93 % des cas.

« *Ce test sanguin pourrait constituer un outil supplémentaire pour affiner l'arsenal diagnostique*, assure Francis Nyasse. *Les méthodes actuellement en usage, qui combinent des tests et examens cliniques, la neuro-imagerie et les biomarqueurs, permettent d'avoir une précision comparable, mais ce nouveau test est non invasif et facile à réaliser.* » Ce premier succès n'est, de fait, qu'un début. « *Nous poursuivons nos travaux pour savoir si le test est valide quand les patients n'expriment pas encore de signes cliniques bien que les lésions cérébrales soient déjà apparues* », affirme Petra Leidinger, qui précise que cette étape peut demander entre cinq et dix ans. ■ **Elena Sender**

A noter : la sortie en salles le 25 septembre du film-documentaire « Ne m'oublie pas » de David Sieveking. Emouvant et optimiste.



André Besson, éditions du Rocher, 313 p., 22 €

Louis Pasteur. Un aventurier de la science

Le vaccin antirabique, la fermentation, la découverte des antibiotiques, évidemment, fascinent. Mais voici un ouvrage qui, grâce à des documents inédits, s'intéresse davantage à l'intimité d'un homme hors du commun dont l'existence fut maintes fois bouleversée par des drames familiaux. Des pages qui adoptent le ton de l'émotion et qui font la part belle à Marie, sa femme, qui a toujours soutenu celui qui a dû lutter ferme contre les critiques des partisans de la génération spontanée. ■ **S. R.-M.**

Ernst et Zidrou, Bamboo, 48 p., 10,90 €

Boule à zéro

Zita, une jeune leucémique surnommée « Boule à zéro » n'a qu'une joie : la venue à l'hôpital, chaque vendredi, de la conteuse Mama Kigali. Celle-ci vient de raconter une vieille légende africaine, selon laquelle tout malade qui touche la queue du terrible crocodile Mushangu guérit instantanément. Il n'en faut pas plus pour que Zita et ses amis hospitalisés fuguent vers le reptilarium pour tenter de reproduire le prodige. Attachante et émouvante, une bande dessinée pleine d'espoir sur les maladies graves. ■ **C. M.**

Sophie Révil, France TV Distribution, 1 h 37, 14,99 €

Le Cerveau d'Hugo. Les autistes comme vous ne les avez jamais vus

« Vous pouvez avoir un prix Nobel et ne pas savoir dire bonjour de manière socialement adaptée. Ce sont deux facultés complètement distinctes. » Josef Schovanec, l'un des inspirateurs de ce film sur l'autisme, résume parfaitement la dualité fascinante du handicap. Mélange habile de documentaire et de fiction, le film plonge dans la vie et les émotions d'un jeune homme pas comme les autres, à la fois pianiste prodige et autiste Asperger. ■ **H. R.**

TRANSLUCIDITÉ Caractéristique de la peau humaine. La lumière reflétée sur un visage, par exemple, est en partie absorbée et circule entre le derme et l'épiderme, puis ressort en un autre point. La translucidité s'observe notamment en regardant la lumière qui passe à travers le pavillon d'une oreille quand la personne est à contre-jour.

MOTION CAPTURE (capture du mouvement). Ce procédé permet la transformation de l'enregistrement d'un mouvement réel en un mouvement virtuel dans un espace à trois dimensions. Traduit sous forme informatique, ce mouvement permet ensuite d'animer de manière réaliste des personnages 3D.

La doublure numérique donne de la chair au virtuel

Une start-up française conçoit des clones animés d'une perfection inégalée. Point par point, les secrets d'une technologie qui pourrait bien bouleverser notre perception du réel.

Par Olivier Hertel

Robin Wright fut une très grande actrice. Désormais, c'est son clone numérique, véritable « scan » de l'originale, qui est la vedette des écrans. Il participe sans rechigner à tous les films demandés par les producteurs, les chefs-d'œuvre... comme les navets. Sans que la « vraie » Robin Wright ait son mot à dire. Voilà en quelques mots le scénario du film d'Ari Folman, *Le Congrès*, sorti dans les salles en juillet et dans lequel la comédienne américaine joue son propre rôle. Une histoire inspirée d'un roman de science-fiction des années 1970 (*le Congrès de futurologie*, de Stanislas Lem), mais qui pourrait aujourd'hui être tirée d'un fait bien réel !

À Paris, la jeune société ADN (Agence de doublure numérique) développe en effet une technologie parmi les plus performantes au monde. « *Il est désormais tout à fait concevable d'imaginer un film dont les comédiens seraient des êtres numériques si réalistes qu'il serait impossible de les distinguer de leurs originaux* », explique Cédric Guiard, le directeur général de la société, qui travaille actuellement dans le secret sur le premier film français à utiliser cette technique. Pour un coût sept à dix fois inférieur à celui des productions hollywoodiennes qui utilisent déjà des techniques approchantes.

Depuis quelques années, les grands studios d'effets spéciaux comme Digital Domain, ILM ou encore MPC produisent en effet des doublures numériques si réalistes qu'elles prennent la place des véritables acteurs dans certaines scènes. Les réalisateurs s'en servent pour manipuler l'apparence des personnages, réaliser des cascades ou refaire une prise en l'absence du comédien. Dans *Black Swan*, sorti en France en 2011, film dans lequel Natalie Portman incarne une danseuse étoile, les mouvements trop techniques ont été exécutés par Sarah Lane, danseuse soliste de l'American Ballet Theatre. Pour que l'illusion soit parfaite, la tête de Natalie Portman a été placée sur le corps de la danseuse en postproduction. Mieux, dans *Iron Man 3*, le clone est venu au secours de la production lorsque l'acteur principal a été privé de tournage pendant six semaines en raison d'une entorse à la cheville. « *Les techniques de remplacement du visage et la doublure corporelle intégrale nous ont permis de surmonter l'obstacle* », expliquait alors Chris Townsend, le directeur des effets spéciaux.

Des êtres numériques si réalistes qu'il est impossible de les distinguer de l'original

Les caractéristiques de la peau sont enregistrées

La jeune société française ADN pourrait bien reculer encore les limites de cette technique. Dans ses locaux parisiens, la partie la plus spectaculaire est le dôme, une sorte de cage dans laquelle le comédien est « scanné » en trois dimensions. 21 appareils photo de dernière génération sont disposés autour de lui, à 360 degrés, et deux caméras spécifiquement développées par ADN lui font face. Les 1600 LED placés sur les montants de la cage font varier en intensité et en couleur l'éclai-

ADN / GILLES GAMBIER

Cette cage lumineuse est le cœur du dispositif d'acquisition de l'image. Grâce à 21 appareils photo et deux caméras disposés à 360 degrés, l'ordinateur obtient une représentation numérique en trois dimensions.

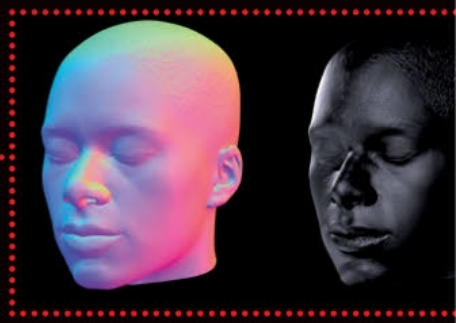
rage pendant les prises de vue. Tout ce dispositif a pour vocation de capturer la géométrie globale du visage de l'individu (nez, yeux, oreilles...) ainsi que toutes ses microstructures (rides, pores, grains de beauté). Les deux caméras enregistrent aussi – et c'est là l'une des spécificités d'ADN – les caractéristiques physiques de la peau ainsi que sa réaction à la lumière : la teinte et la brillance (spécularité), c'est-à-dire la manière dont la peau réfléchit la lumière, ainsi que la translucidité. Cette dernière propriété est essentielle pour le réalisme du clone, car elle est caractéristique de la peau humaine.

Ces données sont ensuite intégrées sur un modèle de tête. *« Nous en avons conçu trois, un pour les hommes, un pour les femmes et un dernier pour les enfants »*, précise Cédric Guiard. L'intérêt de ce modèle est qu'il constitue une représentation mathématique homéomorphe, c'est-à-dire que lorsqu'on le déforme, il représente toujours une tête, avec une topologie similaire. En d'autres termes, n'importe quelle tête en est une déformation. Il est constitué d'un maillage dont la densité de la trame correspond à la morphologie et à la capacité de déformation de la zone concernée. Ainsi, le maillage est très dense à la commissure des lèvres, où les mouvements sont importants. Il l'est beaucoup moins au niveau des joues, qui changent peu.

Un sosie bluffant en trente minutes chrono

Première étape du processus : le « scan », ici celui de la comédienne Tatiana Seguin. Il se fait dans le dôme, éclairé par 1600 LED qui permettent de varier intensité et tonalité de l'éclairage.

Par déformation d'un modèle de tête générique de femme, la géométrie exacte du crâne et du visage de la comédienne est numérisée.



Les captures réalisées dans le dôme permettent également de modéliser la texture de la peau, notamment sa façon d'interagir avec la lumière.

DR

INTERVIEW

JEAN-LOUIS LANGLOIS,
AVOCAT, SPÉCIALISTE DU DROIT À L'IMAGE

« Le titulaire de la doublure doit pouvoir contrôler son utilisation »

Pourquoi faut-il prévoir un cadre juridique pour les doublures numériques ?
Le titulaire de la doublure doit pouvoir garder le contrôle de son utilisation. Car une fois que la personne est scannée, il est possible de lui faire dire et faire tout ce que l'on veut. Il faut donc des limites pour que les producteurs de films ou les créateurs de jeux vidéo ne puissent rien faire sans l'accord du propriétaire de l'image, et qu'ils se bornent à l'utiliser dans les situations prévues : tel film, telle scène, tel dialogue, etc.

Comment ce cadre est-il établi ?
Nous avons travaillé plus d'un an pour établir des contrats où nous essayons de tout envisager. Mais nous savons que certaines clauses devront être ajoutées ou modifiées, car il est illusoire de prévoir aujourd'hui toutes les utilisations possibles d'une doublure numérique. Ainsi, que se passera-t-il lorsqu'un producteur voudra utiliser le clone jeune d'un acteur vieillissant ?

A qui appartiendra cette image à la mort de son propriétaire ?
Nous avons prévu plusieurs cas de figure. Ainsi, le comédien peut décider que son clone sera détruit après sa mort. Mais il peut aussi avoir envie de le léguer à ses héritiers...

Propos recueillis par O. H.

Sur ce maillage, les ingénieurs d'ADN rajoutent les éléments de texture ou, plus précisément, le matériau « peau », avec ses caractéristiques physiques.

La machine saisit toutes les expressions du visage

En effet, il ne suffit pas de plaquer des images de peau du comédien pour rendre son visage réaliste. Il faut aussi intégrer son comportement à la lumière grâce aux données acquises dans le dôme. Une approche très différente de celle des autres studios d'effets spéciaux. *« Ceux-ci travaillent image par image. Grâce à des outils numériques, des infographistes vont littéralement peindre et sculpter les visages des comédiens dans la scène, en tenant compte des conditions d'éclairage ou des mouvements de caméra. Alors que nous, nous modifions directement les paramètres de notre modèle, comme l'angle, l'intensité et la couleur de l'éclairage sur le visage »*, explique Cédric Guiard.

Une série de marqueurs placés sur le visage mesurent ensuite les déformations qu'il subit lorsque la comédienne change d'expression.

La doublure numérique est désormais terminée. Elle peut être animée de manière très naturelle.

La tête numérique sera raccordée au corps dans une scène de film ou de jeu vidéo.

ADN

Reste à animer le clone du comédien pour que ses traits bougent naturellement. L'ordinateur doit donc mémoriser toutes les déformations que peut subir son visage. Cette étape passe par une séance de *motion capture* (capture de mouvement, *lire* S. et A. *n° 768, février 2011*). Le visage est constellé de marqueurs, dont la position est enregistrée par une caméra reliée à un ordinateur. En suivant leurs mouvements, la machine saisit toutes les déformations possibles du visage, qui correspondent à son champ d'expressions. Elle va aussi enregistrer les « visèmes », ces déformations relatives à la locution. Par exemple, le M de AMA a un visème différent du M de OMO. Au total, chaque individu possède à son catalogue d'expressions entre 20 et 25 visèmes. Pour s'assurer de n'en perdre aucun, la société ADN les a tous regroupés dans une phrase clé, gardée secrète, que le comédien prononce afin que les caméras enregistrent les expressions de son visage. Il doit la répéter de nombreuses fois, en usant de tout le répertoire des émotions principales (colère, peur, joie, tristesse, dégoût, panique, surprise) et secondaires (admiration, désespoir, fierté), et de différentes manières.

30
gigaoctets
Le poids des données qu'il faut analyser pour produire chaque doublure numérique, soit 1000 fois plus qu'une photo en haute définition.

Le marché va exploser, surtout dans les jeux vidéo

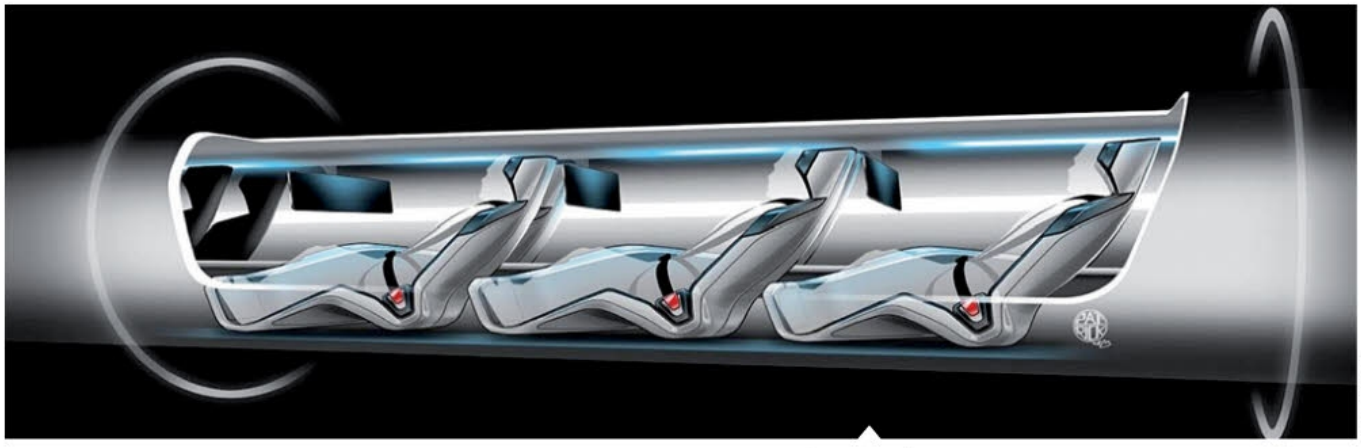
La *motion capture* permet également d'acquérir le jeu du comédien, sa gestuelle, sa façon de se mouvoir. Le double numérique est alors prêt à être intégré et animé dans un film. À une condition : que le comédien ait donné son accord pour l'utilisation de son image... Car la particularité d'ADN est d'être également l'une des premières agences de personnalités virtuelles. En collaboration avec un avocat spécialisé dans le droit à l'image *(lire ci-contre)*, ses dirigeants ont élaboré des contrats inédits pour encadrer l'utilisation des doublures.

« Cette démarche était indispensable, car le marché va exploser, en particulier dans le secteur des jeux vidéo, notamment ceux de football, pour lesquels les sportifs cèdent leurs droits », explique Cédric Guiard. Des polémiques ont déjà vu le jour. En juin, l'actrice Ellen Page a protesté contre l'utilisation sans son accord de son clone dans un jeu vidéo, *The Last of Us*. Son double numérique avait été réalisé en 2011 pour un autre jeu vidéo, *Beyond*.

La nécessité d'encadrer l'utilisation de ces doublures numériques est d'autant plus urgente que, d'ici à quelques années à peine, chaque individu pourra disposer de son clone, l'animer dans un jeu vidéo, sur les réseaux sociaux et même sur Youtube. Il est alors facile d'imaginer les conséquences d'un détournement de ces êtres virtuels : propos inappropriés, mises en scène humiliantes... Et c'est toute une vie qui bascule, dans le monde réel. ■

Hyperloop : voyage au sol à la vitesse du son

Filera-t-on un jour à 1224 km/h sans décoller ? L'Américain Elon Musk parie sur des capsules propulsées dans un tube géant. Plus rapide que l'avion, moins cher que la voiture.



SPACEX/TESLA

Les capsules aérodynamiques de 1,3 mètre de diamètre accueilleraient 28 passagers et seraient propulsées par des accélérateurs électromagnétiques dans des tubes posés sur des pylônes à 6 mètres de hauteur.

Présenté comme le cinquième moyen de transport après le bateau, le train, l'automobile et l'avion, l'Hyperloop serait capable, en théorie, de nous faire voyager à 1224 km/h (Mach 1) sans quitter le sol. De la science-fiction ? C'est pourtant le très sérieux projet présenté le 12 août par le fondateur de SpaceX et Tesla Motors, Elon Musk. Dans un document de 57 pages, ce pionnier de l'aérospatiale privée et des énergies propres détaille les plans d'un engin pouvant relier San Francisco à Los Angeles en trente minutes. Deux tubes — un pour l'aller, un pour le retour — de 2,3 mètres de diamètre sont posés sur des pylônes à 6 mètres de hauteur. À l'intérieur, des capsules aérodynamiques de 1,3 mètre de diamètre accueilleraient 28 passagers. Montées sur des coussins d'air à haute pression, elles seraient propulsées par des accélérateurs électromagnétiques disposés le long des tubes. Objectif : éliminer les forces de frottement et créer un environnement permettant d'atteindre des vitesses supersoniques. Recouvert de panneaux solaires, le dispositif serait potentiellement autosuffisant en énergie.

Les tubes seront remplis d'air à basse pression

L'idée est donc de créer un transport écologique à la fois plus rapide que l'avion et moins cher que la voiture. Si elle semble révolutionnaire, elle n'est pourtant pas nouvelle. En 1972 déjà, la Rand Corporation (un « think tank » américain proche du Pentagone) proposait de creuser des tunnels vidés de tout air à travers lesquels des capsules pourraient filer à plus de 4000 km/h. Depuis vingt ans, la société ET3 étudie un système similaire. Mais malgré l'annonce de la construction d'un prototype de 5 km de long d'ici à deux ans, le projet peine à convaincre.

L'originalité de l'Hyperloop se trouve dans les tubes. Quand ses concurrents imposent de fonctionner sous vide, Elon Musk se satisfait d'une « basse pression », moins compliquée à mettre en œuvre et moins dangereuse en cas de fuite. Et pour que les véhicules ne soient pas bloqués par l'air qui les précède — comme dans une seringue où le piston doit pousser l'air dans le tube pour avancer — les véhicules seront équipés d'un moteur permettant à l'air restant de circuler à travers la capsule.

« C'est un peu tiré par les cheveux, mais ce que Musk propose est raisonnable », estime John Hansman, professeur d'aéronautique au Massachusetts Institute of Technology (MIT). Selon lui, le coût de 4,2 milliards d'euros envisagé est largement sous-estimé au vu des travaux nécessaires pour valider le concept. Est-ce pour cette raison qu'Elon Musk ne souhaite pas s'investir personnellement dans la réalisation du projet ? Espérant que d'autres s'approprieront ses plans, il prédit en tout cas un prototype d'ici à quatre ans. ■ **Hugo Jalinière**

TISSER DES LIENS

Échanger, se distraire, partager de bons moments...
Et si c'était encore plus important quand
on est atteint de la maladie d'Alzheimer ?
C'est pourquoi, MSD s'engage dans un programme
d'accompagnement des malades et de leurs familles.
Parce qu'en attendant de trouver un nouveau traitement
efficace, on peut toujours se rendre utile en aidant
les autres à vivre mieux.

www.msd-france.com

MSD
Vivre mieux

meanings - Photo: © plainpicture/Erickson - 02-15 - CORP-1069523-0000 - FEVRIER 2013

Diesel, la fin de l'usine à gaz ?

Les constructeurs doivent limiter davantage les émissions polluantes de ces moteurs. La chasse aux oxydes d'azote est ouverte... Revue de détail des deux technologies existantes.

Plébiscité par les Français, le diesel déchaîne toujours les passions dans l'Hexagone. Une fiscalité attractive en a fait la motorisation préférée des automobilistes. Sept voitures neuves sur dix roulent ainsi au gazole, alors que ce dernier, selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), serait responsable de 42 000 décès prématurés en France. Au point que les politiques s'en émeuvent, comme Anne Hidalgo, première adjointe au maire de Paris et candidate aux prochaines élections municipales, qui affiche son objectif d'*« aller vers la fin du diesel à Paris »*. Pro-diesel ou anti, deux positions définitivement opposées ? Pas si sûr : la réconciliation pourrait venir de la future norme Euro 6 mise en place par l'Union européenne et qui entrera en vigueur en septembre 2014 *(lire l'encadré p. 85)*. Elle réglementera en effet plus sévèrement les émissions polluantes. Les précédentes normes, depuis leur mise en place en 1993, visaient à réduire trois polluants : le monoxyde de carbone (CO), un gaz toxique qui se fixe sur les globules rouges à la place de l'oxygène ; les hydrocarbures imbrûlés (HC), dont certains, comme le benzène, sont cancérogènes ; et les particules (PM), des poussières de moins de 0,01 mm de diamètre considérées comme les principales responsables des morts dues à la pollution automobile.

JACQUES LOÏC / PHOTONONSTOP / AFP

14 millions de voitures diesel anciennes, dépourvues de filtre à particules, circulent encore en France.

55 %
des émissions de NO_X
sont issues du transport routier en 2010, dont 42 % pour les poids lourds, 32 % pour les voitures particulières et 14 % pour les véhicules utilitaires, tous diesels. (source : Citepa).

7
voitures neuves
sur 10 vendues en France ont une motorisation diesel.

Restait un gros point noir : les oxydes d'azote (NO_X), gaz irritants et nocifs. Désormais, ces derniers seront limités à 80 milligrammes par kilomètre, contre 180 mg/km aujourd'hui. Une réduction drastique qui, annoncée dès 2007, a obligé les constructeurs à mettre au point de nouvelles technologies de dépollution. Ainsi, Peugeot a annoncé le 17 avril la mise en service sur ses véhicules de tourisme du système de « réduction catalytique sélective » (SCR), qui consiste à transformer les gaz d'échappement en diazote (N_2) *(voir l'infographie ci-contre)*. Il sera mis en place à partir de la fin 2013, et généralisé en 2014.

Avantage notable de la SCR : c'est la seule technologie à ne pas augmenter la consommation de carburant. Un argument clé pour PSA, qui justifie le choix du diesel par sa moindre consommation par rapport à l'essence. Cette technologie permettrait même d'améliorer le rendement en faisant fonctionner le moteur dans des conditions optimales. *« Grâce à la SCR, un moteur consommera 2 à 4 % de moins que le même moteur diesel sans SCR »*, promet Pierre Macaudière, expert en dépollution chez PSA. En effet, les oxydes d'azote se forment d'autant plus que la combustion dans le moteur est rapide et efficace, donc qu'elle a un bon rendement. Malheureusement, en l'absence de système de traitement de ces oxydes d'azote, les constructeurs sont parfois obligés de dégrader la combustion pour émettre moins de NO_X. Si l'on peut produire davantage d'oxydes d'azote, sachant qu'ils seront réduits par un système de post-traitement adapté, on peut se placer dans les conditions de combustion optimales, et ainsi améliorer le rendement.

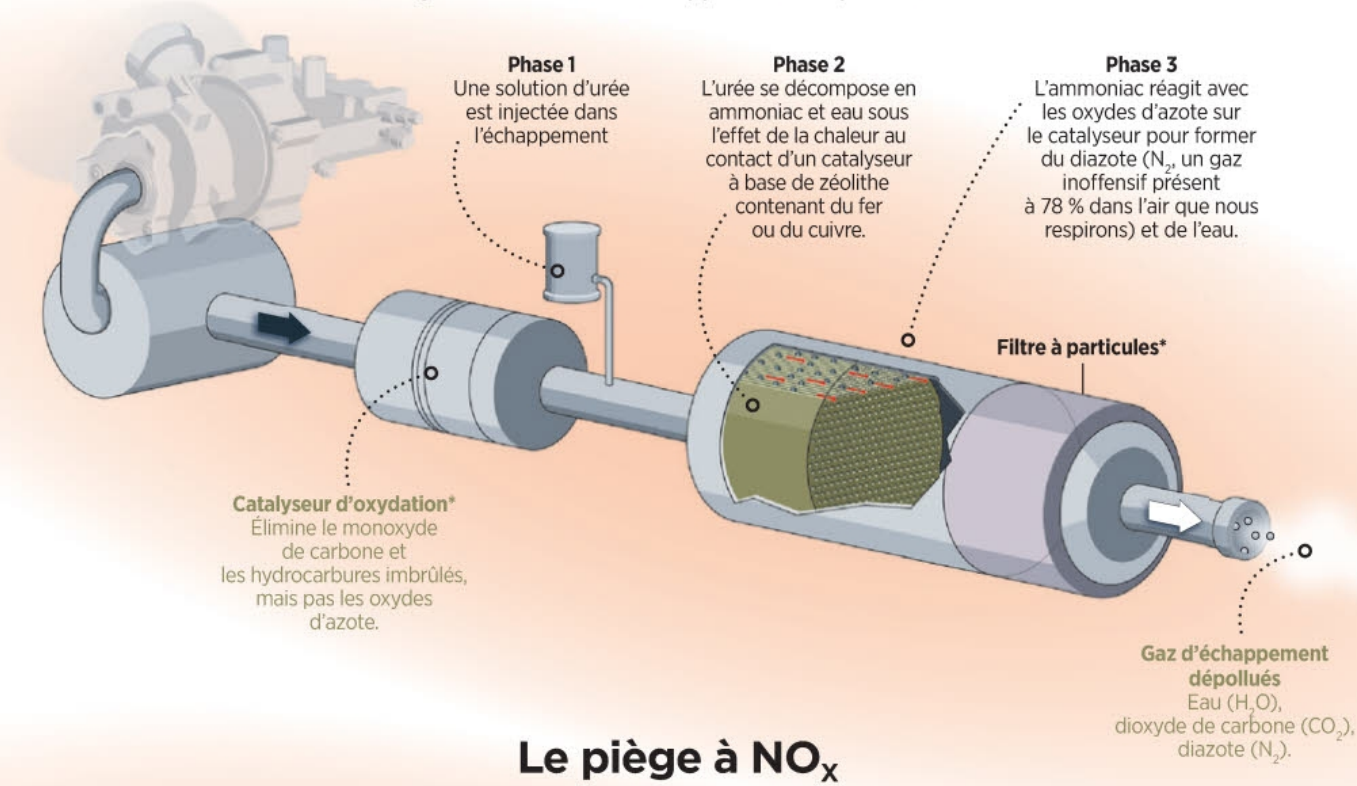
LES NO_X Ils regroupent le monoxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO_2).

POLLUTION Le seuil d'information sur la pollution au dioxyde d'azote est fixé à 200 µg/m³, le seuil d'alerte à 400 µg/m³ en moyenne horaire sur 3 heures consécutives.

LÉGISLATION L'Union européenne exige qu'aucun Européen ne respire plus de 40 µg/m³ de NO_2 en moyenne annuelle.

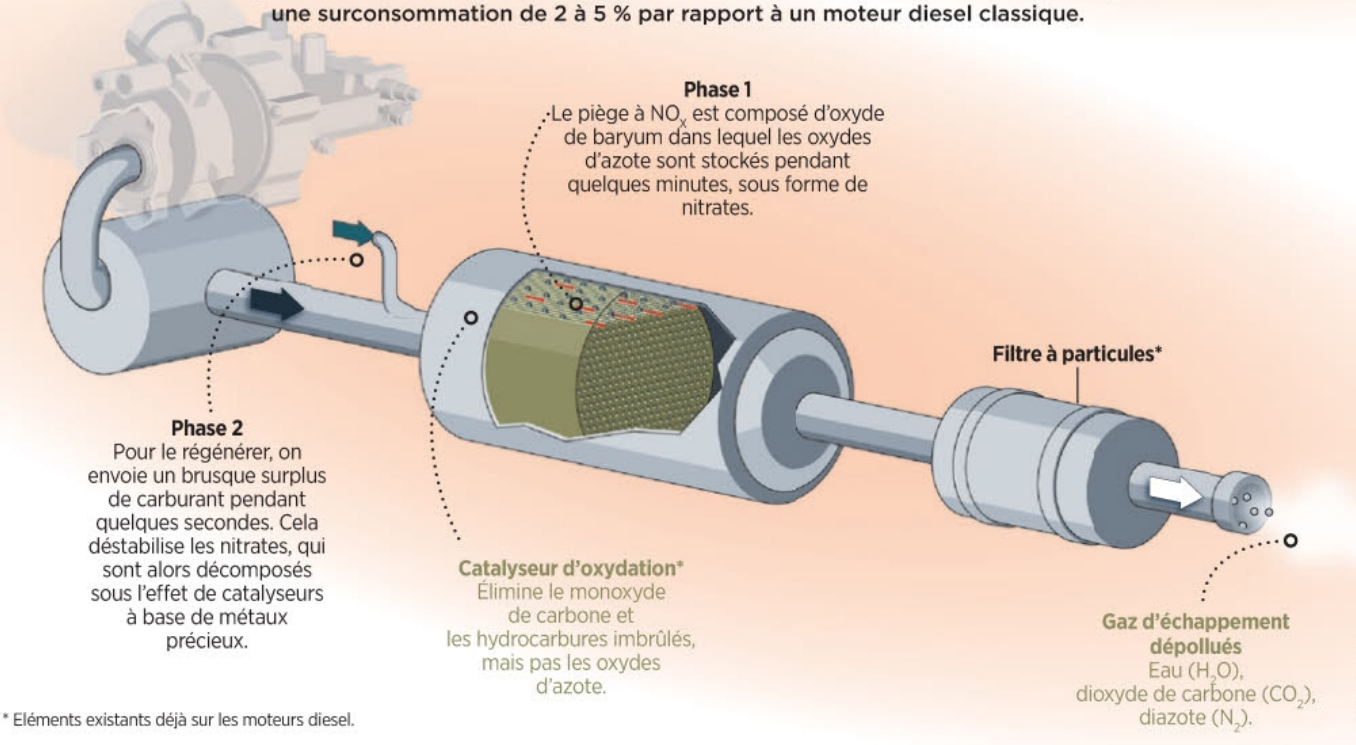
La réduction catalytique sélective (SCR)

Avantages : très dépolluant ; utilise le moteur dans des conditions optimales. Inconvénient : ce système implique la gestion d'un réservoir supplémentaire pour l'urée.



Le piège à NO_X

Avantages : très dépolluant et très simple à utiliser. Inconvénient : cette technique engendre une surconsommation de 2 à 5 % par rapport à un moteur diesel classique.



* Eléments existants déjà sur les moteurs diesel.

BETTY LAFON

STEPHANE DE SAKUTIN / AFP

En Île-de-France, 3 millions de personnes sont exposées à des concentrations en NO_2 supérieures aux valeurs maximales annuelles admises par l'Europe.

POLLUTION

Le dioxyde d'azote, toxique pour la santé

Ce gaz, en pénétrant profondément dans les poumons, entraîne des maladies respiratoires.

C'est au contact de l'air que le monoxyde d'azote se transforme en dioxyde d'azote, un gaz irritant qui pénètre profondément dans les poumons et se lie à l'hémoglobine à la place de l'oxygène. Il provoque une hyperréactivité bronchique chez les patients asthmatiques et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections microbiennes chez les enfants. C'est pourquoi l'Union européenne a fixé une valeur maximale concernant la pollution chronique : 40 microgammes de NO_2 par mètre cube en moyenne annuelle. Cette obligation, qui a été transposée en droit français en 2002 (1), n'est pas respectée : rien qu'en Île-de-France, 3 millions de personnes sont exposées à des concentrations supérieures, selon Airparif. Faute de parvenir à respecter les seuils, la France a demandé un délai à l'Union européenne pour se mettre en conformité. Demande rejetée le 22 février (2), laissant prévoir de lourdes sanctions financières pour la France. Le dioxyde d'azote est également précurseur d'un autre polluant, l'ozone, qui se forme sous l'effet du rayonnement solaire. Or, si l'ozone est utile dans la haute atmosphère pour nous protéger du rayonnement ultraviolet, il est néfaste à nos altitudes. C'est un gaz irritant pour les yeux, la gorge et le nez. Il peut provoquer des difficultés respiratoires et des crises d'asthme. Les pics de pollution à l'ozone sont associés à une surmortalité liée à des problèmes respiratoires et cardio-vasculaires.

(1) Décret n°2002-213 du 15 février 2002.
(2) http://ec.europa.eu/environment/air/quality/legislation/pdf/NO2_FR_FR.pdf

Revers de la médaille, la SCR est un système contraignant, encombrant et pesant. Elle implique l'ajout d'un réservoir contenant une solution d'urée diluée, auquel se branchent la tuyauterie nécessaire et l'injecteur pour amener ce liquide au catalyseur. Un système de chauffage permet d'éviter que la solution ne gèle en hiver, sans oublier l'informatique embarquée pour calculer la production de NO_X et adapter la consommation d'urée. Par ailleurs, il faut recharger régulièrement cette dernière. Peugeot a donc choisi d'installer un réservoir plutôt volumineux, environ 20 litres, pour que la recharge soit peu fréquente. La marque au lion ne précise pas le surcoût de ce dispositif, que l'on peut estimer à quelques centaines d'euros.

Devant toutes ces contraintes, les autres constructeurs renâclent. Ainsi, Renault réserve la SCR aux véhicules les plus lourds, émettant le plus de NO_X : utilitaires et 4×4. Pour tous les autres, y compris les monospaces, elle fait le choix d'une technologie dite de piège à NO_X (NO_X Trap), consistant à emmagasiner les NO_X notamment grâce à la présence de métaux précieux. Cependant, ceux-ci nécessitent l'injection de bouffées de carburant pendant quelques secondes toutes les deux ou trois minutes, entraînant une surconsommation de 2 à 5 % par rapport à une motorisation diesel « classique ». Un gros handi-

LÉGISLATION

Euro 6, une nouvelle norme en 2014

La norme Euro 6, en vigueur à partir de septembre 2014, impose une réduction des émissions de NO_X de 180 mg/km à 80 mg/km. Outre la SCR et le piège à NO_X, d'autres systèmes de dépollution existent déjà sur les voitures : le pot catalytique d'oxydation réduit les émissions d'hydrocarbures imbrûlés et de monoxyde de carbone (CO), tandis que le filtre à particules s'attaque, comme son nom l'indique, aux particules, l'un des polluants les plus toxiques des moteurs Diesel.

cap à l'heure où les économies de carburant sont la priorité des constructeurs. Toyota, de son côté, développe l'ensemble de ces technologies afin *« de pouvoir choisir la solution optimale pour chaque véhicule »*, souligne François-Alexandre Lafossas, spécialiste des motorisations chez Toyota Motor Europe. Chez Volkswagen, plusieurs modèles dont la Golf GTD répondent déjà à la norme Euro 6, grâce au piège à NO_X. Opel et Ford optent également pour cette solution.

Les systèmes sont choisis en fonction des cylindrées

Comment se fait le choix ? *« Généralement, les constructeurs préfèrent les pièges à NO_X pour les petits moteurs et les petits véhicules, par manque de volume disponible à bord pour intégrer le réservoir d'urée, et surtout pour des raisons de coût »*, observe Stéphane Raux, chef du projet Systèmes de post-traitement à l'IFP énergies nouvelles. En effet, alors que le prix d'un piège à NO_X est sensiblement proportionnel à la cylindrée du moteur, les éléments nécessaires au fonctionnement de la SCR représentent un coût quasi fixe. Même si les constructeurs ne communiquent pas sur ces montants, on peut estimer une SCR à 300 €, une somme considérée comme élevée pour un système de dépollution, et que certains constructeurs ne répercuteront pas sur le prix de vente. Le coût d'un piège à NO_X pour une voiture de bonne taille est similaire. Des montants qui pourraient baisser avec la généralisation de ces technologies.

Un nouvel élément pourrait complètement redistribuer les cartes : le cycle d'homologation (1), qui permet de mesurer de façon standardisée les consommations et les émissions de polluants. Un nouveau cycle devrait voir le jour, probablement vers 2017. En effet, l'actuel (2), qui ne prend en compte ni les fortes accélérations, ni les vitesses supérieures à 120 km/h, ni les côtes, sous-estime d'au moins 10 à 20 % les émissions réelles des véhicules.

Le nouveau cycle, plus réaliste, pourrait favoriser la méthode la plus efficace aux vitesses élevées, donc la SCR aux dépens du piège à NO_X. À moins qu'une innovation ne vienne mettre tout le monde d'accord : certains constructeurs comme Renault travaillent sur un nouveau type de SCR dans lequel l'ammoniac ne serait plus fourni par un réservoir d'urée : *« En faisant fonctionner le moteur dans certaines conditions, on génère un peu d'ammoniac, suffisamment pour compléter la dépollution des pièges à NO_X »*, indique Catherine Gauthier, spécialiste du système de traitement des gaz d'échappement chez Renault. De quoi réconcilier les promoteurs du piège à NO_X et les tenants de la réduction catalytique sélective. ■ **Cécile Michaut**

(1) Le Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Procedures (WLTP), conçu par l'Europe, le Japon et l'Inde.
(2) Le Nouveau Cycle de conduite européen (NDEC), utilisé depuis 1973.

Sean Hall, Hazan, 192 p., 28 €

Comment les images font signe

La sémiotique est l'étude des signes, de leurs sens. Et ce livre est une sorte d'initiation à cette science fascinante. A partir d'exemples simples, Sean Hall, chercheur à la Goldsmiths University de Londres, décrypte la signification des images et leurs ambiguïtés. Il explique en particulier l'importance du contexte et des « a priori ». Exemple emblématique : le fameux tableau de Magritte *La Trahison des images* représentant une pipe sous laquelle est inscrit « Ceci n'est pas une pipe »... ■ **Oliver Hertel**

Collectif, La Documentation française, 707 p., 24 €

Les Drones aériens : passé, présent et avenir

Certes, il faut aimer les drones pour se plonger dans cet ouvrage. Mais sa lecture intégrale n'aurait pas forcément beaucoup de sens. Il faut plutôt voir ce livre comme un guide de référence sur le sujet dans lequel des spécialistes — essentiellement militaires —, chacun dans leur domaine, font le point de la situation.
En une dizaine d'années, ces engins sont devenus incontournables dans les applications militaires et envahissent peu à peu le domaine civil. Ils entraînent dans leur sillage une multitude de questions et de débats sur les usages, les aspects technologiques et leur évolution, mais aussi des questions de droit. ■ **O. H.**

Collectif, Nane Éditions, 48 p., 10 €

La Police technique et scientifique

Comment prélève-t-on des traces sur une scène de crime ? De quelle manière détermine-t-on la date d'un décès ? Que révèlent les douilles récupérées après une fusillade ? Ce petit livre retrace, dans un style quelque peu bureaucratique, les métiers et techniques de la police scientifique et technique. Loin des enquêteurs décrits dans la série télévisée *Les Experts*, ces scientifiques analysent une multitude d'éléments, depuis l'ADN jusqu'aux empreintes dentaires en passant par l'observation d'insectes ou les communications des téléphones portables. ■ **C. M.**

Pour la vie sur Mars, on ne sait pas encore. Pour les cinq vies du papier, c'est sûr.

La force de tous les papiers, c'est de pouvoir être recyclés
au moins cinq fois en papier. Cela dépend de chacun de nous.
www.recyclons-les-papiers.fr

Tous les papiers ont droit à plusieurs vies.
Trions mieux, pour recycler plus !

Votre magazine agit pour le recyclage
des papiers avec Ecofolio.

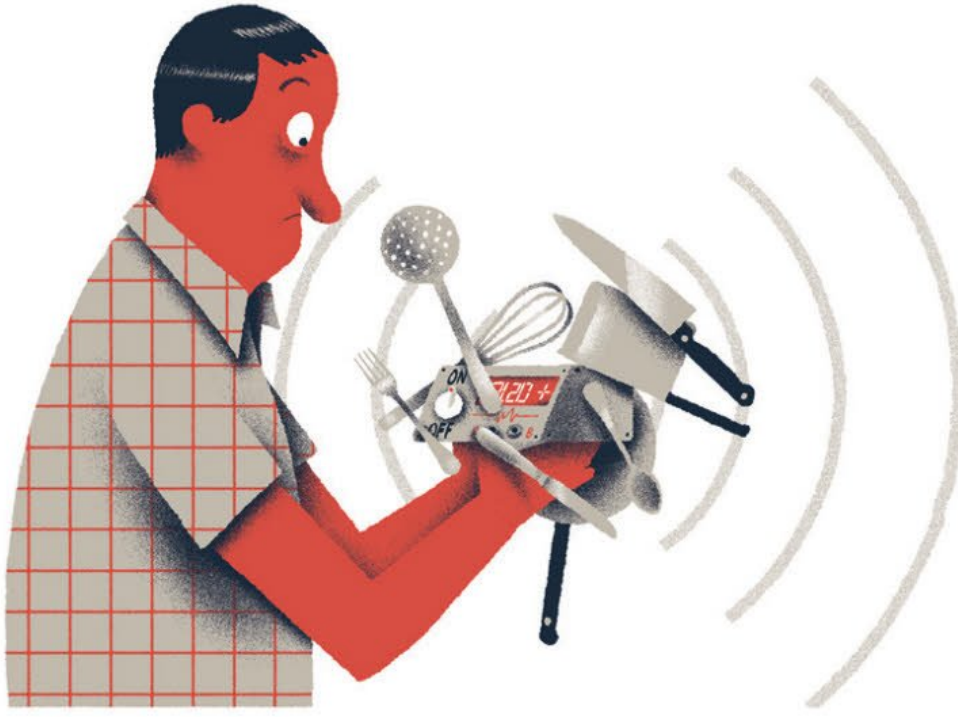
ecofolio

À L'ÉPREUVE DES FAITS

LES CHAMPS MAGNÉTIQUES PULSÉS

Internet regorge de sites vendant des appareils qui émettent un champ magnétique censé soigner arthrose, stress ou céphalées.

Des ondes suspectes



THOMAS BAAS POUR SCIENCES ET AVENIR

Bemer 3000, Magnetofield, Bio Pulse Dual, pulseur Acti-Vie... Tels sont les noms, pour n'en citer que quelques-uns, d'appareils à champ magnétique dit pulsé (CMP) – c'est-à-dire non permanent – proposés aux particuliers. Par le biais d'un applicateur posé sur le corps, relié à un boîtier, le procédé soulagerait nombre d'affections, à en croire les argumentaires commerciaux : arthrose, rhumatismes, inflammations, stress, tendinites, fractures, mais aussi toux, bronchite, acouphènes... Voire sclérose en plaques et maladie de Parkinson, comme le prétend le site du Viofor (www.sesoigner-viofor.fr). L'idée : le champ magnétique naturel de la zone du corps concernée serait perturbé, et les CMP rétabliraient la « bonne » fréquence en agissant sur les ions (groupes d'atomes chargé électriquement) des cellules. « *Même si l'on n'a pas le droit de dire que cela "soigne", car c'est un terme médical* », regrette Didier Wolinski, qui vend de tels appareils sur trois sites Internet, dont l'un s'est vu interdire en 2008 de vanter de manière trop affirmative les vertus du Mag + (1). Le tout pour un prix pouvant aller de 1500 à 7000 €.

Publiée en mai, une étude (2) de l'université de Ferrare (Italie), conclut, certes, à un intérêt thérapeutique potentiel des CMP... dans l'inflammation des articulations. Déjà, en 2005, des Danois avaient noté des améliorations sur l'arthrose du genou, à condition que le patient ne soit pas trop âgé (3). D'autres expériences ont été menées chez des animaux : sur la régénération de tissus et d'os chez les lapins (Royaume-Uni, États-Unis) (4) et sur l'arrêt du développement d'une tumeur maligne chez des souris (Chine) (5). Avec des résultats notables. « *Il est acquis qu'un champ magnétique aide à la consolidation osseuse dans les cas de fractures récalcitrantes, en permettant la multiplication des cellules* », note ainsi Bernard Veyret, directeur de recherche au laboratoire de l'Intégration du matériau au système du CNRS. Un avis que nuance le rhumatologue Charles-Joël Menkès, qui a étudié à l'hôpital Cochin (Paris) les CMP sur l'arthrose douloureuse permanente du genou dans les années 2000 : « *Il y avait une très faible différence entre l'efficacité réelle et le placebo.* »

L'idée que l'on puisse extrapoler ces quelques bienfaits à d'autres affections agace le Dr Badri Matta, qui utilise les CMP au service Anti-douleurs du centre hospitalier de Soissons, avec des résultats qu'il qualifie d'« *intéressants* ». « *J'utilise un prototype créé par un ingénieur, uniquement pour les arthroses rebelles à toutes les thérapies. Mais je n'ai aucune certitude ! Des charlatans profitent de nos noms pour vendre leurs boîtiers* », s'insurge-t-il (6). Les appareils vendus aux particuliers sont en effet épinglés dans le rapport Mézard rendu en 2012 au gouvernement et traitant de l'influence des sectes dans le domaine de la santé (7). En juin, le Conseil d'État a confirmé les sanctions du Conseil national de l'ordre des médecins à l'encontre d'un kinésithérapeute coupable d'avoir utilisé le Magnobiopulse, une « *technique [...] pas conforme aux données acquises de la science* » (8). « *Quand ça guérit tout, ça ne guérit rien !* tranche Bernard Veyret. *Mais le sujet mériterait qu'on mène des recherches.* » ■ **Arnaud Devillard**

> « Quand ça guérit tout, ça ne guérit rien »
> **Bernard Veyret,** directeur de recherche au CNRS

(1) sciav.fr/13mbbVU
(2) sciav.fr/17nnqli
(3) sciav.fr/12ywuAo
(4) sciav.fr/1aunGkc
(5) sciav.fr/151hdLx
(6) sciav.fr/194lmS9
(7) sciav.fr/12ywVe8
(8) sciav.fr/1dGOFsM

CONTEXTE Les performances des coureurs du Tour de France 2013 ont réactivé les soupçons sur l'utilisation de l'Aicar, un stimulant musculaire quasiment indétectable.

Comment la molécule dopante Aicar agit-elle sur l'organisme ?

BIOCHIMIE Révélée lors des Jeux olympiques de Pékin en 2008, l'Aicar a de nouveau fait parler d'elle pendant le Tour de France 2013, lors duquel les performances de certains coureurs ont suscité le doute. Cette molécule, qui répond au doux nom de « 5-aminoimidazole-4-carboxamide ribonucléotide », permet de stimuler les fibres musculaires spécifiquement liées aux efforts d'endurance et de diminuer la fatigue. Des résultats publiés par une équipe de treize chercheurs sous la direction du biologiste moléculaire américain Ronald Evans (Salk Institute, La Jolla, Californie) dans la revue *Cell*, en 2007, montraient en effet que des souris dopées à l'Aicar couraient 44 % plus longtemps que leurs congénères. Sans grossir, quand bien même elles étaient soumises à un régime hypercalorique ! Et ce, sans modification préalable de leur patrimoine génétique.

AFP

L'Aicar pourrait modifier le système hormonal.

Ces « *souris marathoniennes* » pouvaient faire rêver certains en quête de performances sportives... sans effort. En pratique, l'Aicar — déjà naturellement présent dans l'organisme — se prend par voie orale en association avec la GW50 1516, expérimentée par le laboratoire britannique GSK pour le traitement du diabète de type 2, de l'obésité et de l'hypertension artérielle. Mais les essais de cette molécule sur l'animal ont fait apparaître de nombreux risques d'effets secondaires et de toxicité. Or, il a été montré que le GW50 1516 améliorait les performances des souris de... 68 % !

Son association avec l'Aicar peut donc constituer un cocktail explosif, sans que les scientifiques connaissent réellement le mode d'action des deux molécules cumulées. Le Dr Patrick Bac-

CONTEXTE Un excès de vitesse est à l'origine de l'accident ferroviaire de Saint-Jacques-de-Compostelle en Espagne, en juillet dernier. Pourtant, de nombreux dispositifs existent pour éviter ce type de catastrophe...

Comment contrôle-t-on la vitesse des trains ?

ACCIDENTOLOGIE Il existe trois cas de figure dans lesquels la vitesse peut provoquer un accident de train. Le premier est le « télescopage » de deux convois lors d'un croisement. Pour l'éviter, les lignes de chemin de fer sont équipées de systèmes de contrôle de vitesse protégeant les itinéraires. C'est une sécurité commune en Europe, même si les moyens pour la mettre en œuvre ne sont pas partout les mêmes. En France, il s'agit de la technologie de « contrôle de vitesse par balise » (KVB). Des balises disposées entre les rails communiquent avec le calculateur de bord situé dans l'engin de traction, qui évalue ainsi sa vitesse et la distance de freinage nécessaire. Conséquence : si un train circule à une vitesse telle qu'il est susceptible d'aborder un croisement ferroviaire sans avoir pu ralentir suffisamment, le calculateur de bord commande le freinage d'urgence.

Seconde situation possible : lorsqu'un train, roulant sur la même voie et dans le même sens qu'un autre, peut le rattraper et le télescoper. Pour éviter l'ac-

quaert, médecin-chef de l'Institut de recherche en bien-être, médecine et sport santé (IRBMS), explique : « *Nous ne savons pas si l'Aicar suffit à lui seul. Il ne stimule et ne rend plus endurantes que les fibres musculaires cardiaques, alors que le GW50 1516 agit, lui, sur l'ensemble des cellules musculaires du corps.* » Nul ne connaît non plus les effets secondaires.

Une substance jamais testée sur l'homme

Tout juste sait-on que l'accumulation d'Aicar est associée à des maladies génétiques rares. Le Dr Patrick Bacquaert souligne que « *chaque substance causant un effet non naturel sur l'organisme est dangereuse. L'organisme n'a plus conscience de ses limites. Avec des molécules artificielles, le système hormonal peut être perturbé. Il n'y a donc pas d'alerte physiologique et les conséquences peuvent être dramatiques, comme la mort par épuisement musculaire* ». En consommant ces produits qui n'ont jamais été testés sur l'homme, les sportifs prennent donc — consciemment ou non — des risques inconsidérés pour leur santé. D'autant que les effets dopants ne sont pas prouvés sur l'homme et que l'on ne peut écarter un éventuel effet placebo.

L'Aicar et le GW50 1516 sont interdits d'importation en France, sauf à des fins de recherche. Ils ne figurent que dans des catalogues à destination des laboratoires spécialisés. Mais on peut facilement se les procurer sur Internet, illégalement, avec, bien sûr, une grande incertitude sur la qualité des produits. Ils ont été portés sur la liste des produits interdits, dans la catégorie des modulateurs hormonaux et métaboliques, par l'Agence mondiale antidopage (AMA) en 2009, en et hors compétition.

Reste que la molécule est difficilement détectable car les analyses ne permettent pas de distinguer les molécules endogènes (naturellement présentes dans l'organisme) des molécules exogènes. Ce qui place notamment l'Agence française de lutte contre le dopage dans une situation difficile. Une méthode de détection dans les urines a bien été mise au point par un laboratoire allemand, mais elle n'a pas été agréée. ■

Stéphane Desmichelle

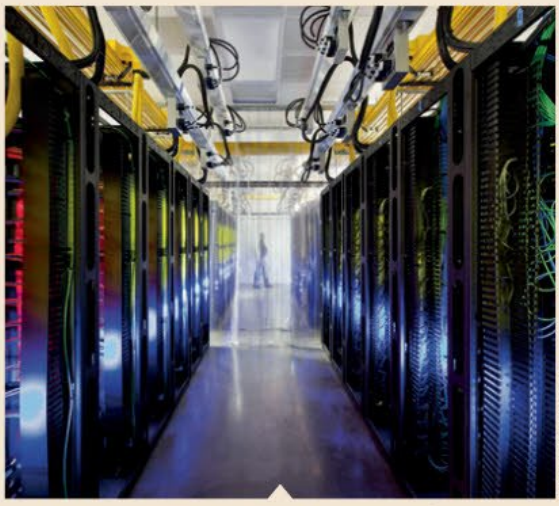
cident sur les lignes à grande vitesse — c'est-à-dire celles où le train roule à plus de 220 km/h —, le ratio vitesse/distance par rapport au convoi précédent ainsi que les vitesses à ne pas dépasser sont vérifiés en permanence par le calculateur de bord. En cas de problème, le freinage d'urgence se déclenche automatiquement. Sur les lignes « classiques », la présence d'un train devant un deuxième est signalée par un « feu rouge », c'est-à-dire un signal d'arrêt placé le long de la voie. Le second train est alors tenu de s'arrêter, une manœuvre opérée par le conducteur. Si ce dernier ne l'exécute pas, le freinage d'urgence se déclenche.

Dernière possibilité : les tracés sur lesquels un excès de vitesse peut conduire au déraillement. Sur les voies à grande vitesse, le profil de la ligne est programmé dans l'ordinateur de bord : le conducteur connaît donc à l'avance les vitesses à respecter. S'il ne s'y plie pas, un freinage d'urgence automatisé est normalement mis en œuvre. Sur les lignes classiques, le conducteur est prévenu par des panneaux de signalisation. Tout repose alors sur son professionnalisme et sa formation. ■

Olivier Lascar

DERRIÈRE LES MOTS

Data scientists



CONNIE ZHOU/AP/SIPA

Un data center de Google dans l'Iowa (États-Unis).

La nouvelle appellation de « data scientists » désigne des spécialistes du traitement des données capables d'affronter le « déluge » numérique constitué par les masses d'informations de toute sorte recueillies et stockées par les ordinateurs à travers le monde. Selon deux spécialistes du domaine, Viktor Mayer-Schönberger, de l'université d'Oxford, et Kenneth Cukier, du magazine *The Economist*, auteurs de *Big Data. Une révolution qui va transformer nos vies, notre travail et notre pensée*, des mathématiciens, statisticiens et autres informaticiens devront donc apprendre à gérer ces données dites non structurées (graphiques, tableurs, e-mails, etc.). Si la plupart des statisticiens savent en effet faire des analyses de corrélation ou des régressions linéaires (les fonctions linéaires, de type y = a X x, comme on les apprend au lycée, sont les plus simples des fonctions), la plupart des connexions, ainsi que la dynamique des grands ensembles de données, sont logarithmiques et nécessitent des outils statistiques qui sachent repérer des corrélations non linéaires et évaluer la robustesse de ces corrélations. C'est un champ qui requiert beaucoup d'innovation. De nouveaux cursus d'analystes de données devront donc ouvrir dans les universités, la Stern Business School (New York), l'une des plus célèbres écoles de business au monde, ayant déjà mis en place à Shanghai un nouveau MSBA (Master of science in business analytics). ■

Dominique Leglu

Par Henri-Pierre Penel

Elles ont presque tout des grandes

Ces enceintes sans fil se connectent à un smartphone, un baladeur ou une tablette. Avec une qualité sonore étonnante pour leur taille.

Pourquoi choisir une mini-enceinte ?

Les haut-parleurs qui équipent les smartphones, tablettes ou baladeurs n'offrent en général qu'un son de piètre qualité. Ces petites enceintes permettent de partager ses musiques préférées entre amis, partout et dans de bonnes conditions. D'autant que leur liaison Bluetooth les connecte sans fil de manière très simple avec toute source de musique.

Quelle autonomie ?

Totalement autonomes, elles disposent d'une petite batterie interne. Rechargeable sur le port USB d'un ordinateur ou à l'aide du chargeur USB d'un téléphone par exemple, celle-ci offre une dizaine d'heures de fonctionnement. Cependant, cette durée varie beaucoup en fonction du niveau d'écoute : plus le son est fort, plus l'enceinte consomme, plus l'autonomie est réduite.

Comment appairer les appareils ?

Avant toute écoute, il est indispensable d'appairer l'enceinte et le smartphone ou toute autre source de musique compatible Bluetooth : baladeur, tablette, etc. Pour cela, il faut se rendre dans le menu « Paramètres » puis, après avoir activé la transmission Bluetooth, sélectionner l'enceinte. Généralement, son nom apparaît à l'écran. Parfois, un code est demandé. Par défaut, il s'agit le plus souvent de « 0000 ». En cas de doute, consultez la notice d'utilisation de l'enceinte. Une fois l'appairage effectué, l'enceinte est prête à diffuser la musique.

À quoi sert la fonction NFC ?

Le couplage par NFC (Near Field Communication, *lire* S. et A. *n° 787, septembre 2012*) simplifie l'appairage. Il suffit de placer les deux appareils l'un contre l'autre pour que les codes s'échangent automatiquement. À condition, bien sûr, que les appareils, smartphone et enceinte, soient tous deux compatibles NFC.

Grâce à une mini-batterie rechargeable sur le port USB d'un ordinateur ou d'un chargeur de téléphone, l'enceinte est totalement autonome.

BERNARD MARTINEZ POUR SCIENCES ET AVENIR

Faut-il refaire l'appairage à chaque écoute ?

Non. Smartphone, tablette ou baladeur mémorisent les codes de l'enceinte et la reconnaissent automatiquement dès qu'ils entrent dans sa zone de couverture.

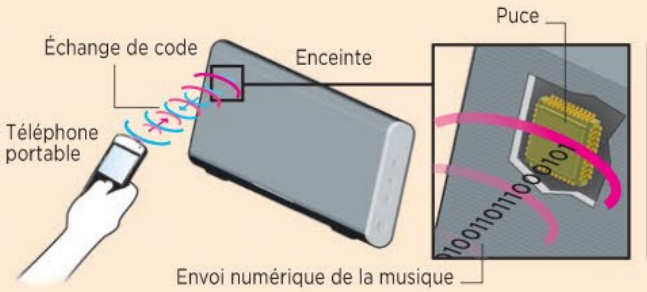
Le son est-il bon ?

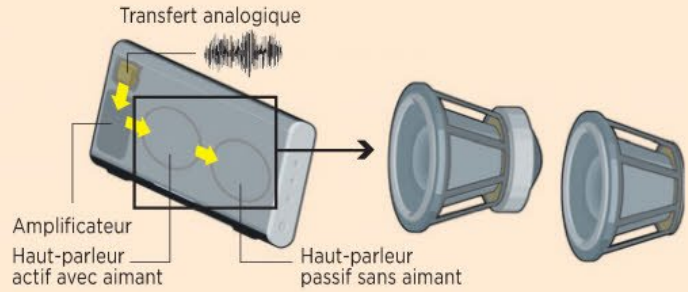
Certes, il ne faudra pas demander à ces petites enceintes de faire aussi bien qu'une chaîne haute-fidélité. Cependant, l'évolution technologique, comme l'amplification numérique et non analogique ou l'amélioration des haut-parleurs, leur offre un rendu sonore que ne laisse pas supposer leur taille. La restitution des graves, notamment, bénéficie maintenant de solutions efficaces garantissant une certaine ampleur en dépit du faible diamètre des haut-parleurs *(voir l'infographie page ci-contre)*.

Quelle portée pour le Bluetooth ?

La vocation du Bluetooth est d'établir une liaison sur une faible distance. Sa portée est d'une dizaine de mètres. Au-delà, les enceintes ne captent plus la source.

Deux avantages technologiques qui font la différence





BETTY LAFON

LA NFC POUR UN APPAIRAGE PLUS FACILE

Pour simplifier la connexion entre l'enceinte et le téléphone, la technologie NFC *(lire* S. et A. *n° 787, septembre 2012)* est souvent utilisée. Ainsi, il suffit d'approcher les deux appareils pour qu'ils échangent un code d'identification.
Ensuite la musique est transmise, par Bluetooth, sous forme numérique. Depuis les premières oreillettes, cette norme a évolué pour acheminer de la musique en stéréo et en haute qualité.

UN HAUT-PARLEUR PASSIF POUR DE BEAUX GRAVES

La puce transfère un signal analogique à l'amplificateur, qui pilote un haut-parleur actif. Pour accroître virtuellement la taille de ce dernier et améliorer la restitution des sons graves, un haut-parleur passif, souvent appelé radiateur passif, lui est parfois associé. Dépourvu d'aimant, ce dernier fonctionne en entrant en résonance avec le son issu du haut-parleur principal. Certains modèles comportent deux haut-parleurs actifs et deux passifs.

Bluetooth A2DP, Bluetooth APTX : quelle différence ?

Ces deux versions de Bluetooth cohabitent sur le marché, chaque constructeur optant pour l'une ou l'autre. Avec la norme A2DP (Advanced Audio Distribution Profile), la qualité d'acheminement du son s'est améliorée. L'évolution des « codecs », c'est-à-dire du codage et de la compression des données, a rendu possible la transmission en stéréo avec une qualité MP3 correcte. Plus récente, l'APTX (Audio Processing Technology) améliore la qualité pour offrir un son comparable à celui d'un CD. La compression des données pour leur transfert se fait sans pertes d'informations sonores. On parle de format « *lossless* ».

Peut-on diffuser la musique sur plusieurs enceintes simultanément ?

Non, la liaison Bluetooth est dédiée à un lien « point à point ». Impossible donc de réaliser des multidiffusions, dans plusieurs pièces à la fois par exemple. D'autres protocoles, en revanche, le permettent *(lire l'encadré ci-dessous)*.

Une même enceinte peut-elle être utilisée avec différents téléphones ?

Oui, mais pas simultanément. Dès qu'un appareil, téléphone, tablette... est connecté avec l'enceinte, celle-ci devient inaccessible aux autres. En revanche, s'il se déconnecte, ou s'il est hors de portée (plus d'une dizaine de mètres), un autre appareil peut se connecter. Il « verrouille » à son tour la connexion.

Qu'est-ce que le mode réunion ?

Ces petites enceintes disposent d'un micro intégré. Ainsi, sur un smartphone, le déclenchement d'un appel coupe automatiquement la musique pour le faire passer en mode téléphone. L'enceinte fait alors office de kit mains libres. Comme la communication est diffusée par le haut-parleur, plusieurs personnes peuvent participer en même temps à la conversation, d'où l'appellation de mode réunion.

Pour le multimédia ou la diffusion multiple, d'autres solutions existent

Wi-Fi direct, Air Play, DLNA offrent des alternatives spécifiques au Bluetooth.

Il existe de nombreux procédés pour interconnecter sans fil des équipements domestiques. Si le Bluetooth est dédié au son, d'autres systèmes sont plus orientés multimédia ou diffusion multipoint. Le DLNA, par exemple, mettant en jeu une liaison filaire (Ethernet) ou Wi-Fi, est capable de convoyer, outre le son, des photos ou des vidéos. Air Play, proposé par Apple et également basé sur le Wi-Fi, est plus spécialement destiné aux diffusions multipoints, encore appelées diffusions multiroom : diffusion de la musique dans plusieurs pièces simultanément. Il en est de même pour la solution de diffusion musicale Sonos, elle aussi basée sur un lien Wi-Fi. Plus modestement, le Bluetooth se limite à une liaison « point à point », c'est-à-dire à un échange entre deux appareils proches et à la télécommande du lecteur depuis l'appareil récepteur, l'enceinte par exemple.

Banc d'essai pages suivantes ▶

LES MINI-ENCEINTES BLUETOOTH

	BigBen Interactive BT 01	**Supertooth** DISCO 3	**Sony Mobile** SRS-BTV5
Marque et modèle			
Prix indicatif	49 € (59 € version Union Jack)	69 €	79 €
Puissance	3 watts (puissance globale)	2 × 6 watts	1,2 watt
Haut-parleurs	2 haut-parleurs + woofer	2 haut-parleurs en charge bass reflex	Haut-parleur large bande
Appairage par NFC	Non	Non	Oui
Connexions	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)
Télécommande	Non	Commande du lecteur depuis l'enceinte (saut de pistes)	Non
Autonomie	Jusqu'à 5 heures	Jusqu'à 15 heures	Jusqu'à 4 heures
Dimensions/poids	165 × 50 × 55 mm / 400 g	182 × 108 × 70 mm / 546 g	65 (diamètre) × 68 (hauteur) mm / 130 g
Les plus	**Rendu des graves, finitions disponibles, prix**	**Autonomie élevée, disponible en cinq coloris**	**Design, appairage NFC, rayonnement sonore à 360°**
COMMENTAIRES	Pour rompre avec la monotonie des boîtiers uniformes, BigBen Interactive propose différentes finitions pour la BT01 : Union Jack ou New York. De plus, en dépit de dimensions réduites, cette enceinte dispose de graves très corrects.	Déclinée en miel, corsair, candide, framboise et argile, la Disco3 sait s'harmoniser avec chaque style d'intérieur pour lui offrir une ambiance musicale de qualité.	Cette petite sphère, dotée d'un unique haut-parleur, ne reproduit pas la stéréo. Cependant, son rayonnement à 360° donne une sensation d'espace sonore vaste. Elle est parfaite en diffusion de musique d'ambiance.

	Telefunken SOUND MOBILE	**Phillips** SB7220	**Bose** SOUNDLINK MINI
Marque et modèle			
Prix indicatif	149 €	149,99 €	199,95 €
Puissance	3 watts (puissance globale)	2 x 4 watts	Non précisé
Haut-parleurs	2 haut-parleurs	2 haut-parleurs + 1 haut-parleur passif	2 haut-parleurs + 2 haut-parleurs passifs
Appairage par NFC	Non	Non	Non
Connexions	Port USB (charge)	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (mises à jour)
Télécommande	Commande du lecteur depuis l'enceinte (saut de pistes)	Commande du lecteur depuis l'enceinte (saut de pistes)	Non
Autonomie	Jusqu'à 10 heures	Jusqu'à 8 heures	Jusqu'à 7 heures
Dimensions/poids	217 × 192 × 197 mm / 1,4 kg	72 × 68 × 179 mm / 488 g	180 × 51 × 58 mm / 670 g
Les plus	**Design, choix de couleurs, résistante aux projections d'eau**	**Résistante aux chocs et projections d'eau**	**Coques de protection disponibles en option**
COMMENTAIRES	Une enceinte qui se recharge au soleil. 10 h d'exposition à la lumière lui permettent de faire le plein d'énergie.	Pour disposer d'une véritable restitution stéréophonique, il est possible d'associer deux enceintes à un même smartphone.	Bose met en œuvre son savoir-faire pour offrir un niveau de graves élevé en dépit de dimensions réduites.

Oxygen Audio MINI BLOK	**Hercules** WAE OUTDOOR BTP04
99,90 €	99,99 €
2 × 5 watts	2 × 2 watts
2 haut-parleurs + 2 haut-parleurs passifs	2 haut-parleurs (50 mm)
Non	Non
Entrée et sortie auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)
Commande du lecteur depuis l'enceinte (saut de pistes)	Application de télécommande depuis le smartphone
Jusqu'à 10 heures	Jusqu'à 14 heures
150 × 58 × 48 mm / 445 g	151 × 61 × 61 mm / 280 g
Faible encombrement, assise du grave	**Pack spécial fixation vélo optionnel, résistante aux chocs, poussières, sable**
Grâce à son double haut-parleur passif, cette petite enceinte surprend par la profondeur des graves qu'elle délivre en dépit de ses dimensions lilliputiennes. Elle est parfaite pour une chambre ou une écoute entre amis, même en plein air.	Casse-cou, la BTP04 est certifiée IP64. Elle fera le bonheur des amateurs de BMX, VTT, randonnée ou sports nautiques. Elle est aussi proposée en « Adventure Pack » (149,99 €) avec fixation vélo, chargeur allume-cigare, housse, mousqueton, etc.

Sony SRS-BTX500	**Klipsch** KMC3 MUSIC CENTER
299 €	399 €
2 × 10 watts + 20 watts (grave)	2 × 15 watts + 35 watts (grave)
2 haut-parleurs + 1 woofer + 2 haut-parleurs passifs	2 haut-parleurs (50 mm) + 1 woofer (133 mm)
Oui	Non
Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)	Entrée auxiliaire (jack 3,5 mm), port USB (charge)
Commande du lecteur depuis l'enceinte (saut de pistes).	Télécommande fournie.
Jusqu'à 6 heures	Jusqu'à 26 heures
385 × 152 × 65 mm / 2 kg	432 × 183 × 140 mm / 3,5 kg
Appairage NFC, puissance généreuse	**Puissance généreuse, véritable télécommande**
Une version sans renfort de graves, référencée SRS-BTX 300, est également disponible au prix de 199 €.	En raison de ses dimensions, cette enceinte se destine principalement à un usage à poste fixe, mais elle peut recevoir 8 piles LR20.

Pebble Technologie

La montre qui reçoit les SMS

Avec son écran à encre électronique, identique à celui des e-books, cette montre donne la possibilité de lire SMS et e-mails. Des poussoirs permettent de naviguer dans des fonctions dont le nombre devrait s'accroître avec l'arrivée de nouvelles applications. La Pebble est disponible sur Internet.

199,90 €

Tracker & Beeper Move'N See

Un support de caméra pour suivre les sportifs pas à pas

Filmer ses exploits est la nouvelle passion de certains sportifs. Move'N See est un support motorisé sur lequel se fixe une caméra, permettant de suivre automatiquement les déplacements de son utilisateur, identifié grâce à un brassard qui sert aussi de télécommande pour la caméra. Deux versions disponibles : Tracker & Beeper Classic ne cadre qu'à l'horizontale. Tracker & Beeper contrôle les deux axes.

945 € (version de base), 1896 € (version 2 axes)

SlidePad Kids Memup

La tablette des tout-petits

Les performances de cette tablette 7 pouces pour enfant sont comparables à celles des machines pour « grands ». La SlidePad Kids de Memup est préprogrammée pour se connecter directement sur le site Potati, qui propose un grand nombre de jeux et d'applications d'éveil en téléchargement. L'accès à l'intégralité de ses contenus est gratuit durant un an.

99,90 €

LE CIEL DE SEPTEMBRE

Par Guillaume Cannat

Où sont les planètes ?

MERCURE est de retour dans le ciel du soir en début de mois avec un éclat important, mais la trop forte inclinaison de l'écliptique sur l'horizon crépusculaire rend son repérage à l'œil nu impossible. Avec un instrument, tentez d'observer sa conjonction avec Spica le 24, au ras de l'horizon ouest-sud-ouest.

VÉNUS poursuit sa migration vers le sud-ouest. Elle se couche près d'une heure et demie après le Soleil en septembre et brille toujours aussi vivement au-dessus de l'horizon ouest-sud-ouest.

MARS se lève plus de trois heures avant le Soleil le 1er et plus de quatre heures avant le 30. Elle migre du Cancer au Lion à la fin du mois. Les observateurs équipés d'instruments pourront tenter de repérer la comète ISON à moins de 2° du disque martien orangé, même si l'éclat de celle-ci est encore faible (magnitude 10,5).

Le 8 septembre au crépuscule, admirez le trio Vénus-Lune-Spica.

Splendide trio crépusculaire

LE DIMANCHE 8 SEPTEMBRE, 45 MINUTES APRÈS LE COUCHER DU SOLEIL, consacrez quelques minutes à la très belle réunion visible juste au-dessus de l'horizon ouest-sud-ouest. Le jeune croissant lunaire gonflé de lumière cendrée se faufile entre la planète Vénus et l'étoile Spica de la Vierge. Visuellement, la composition Vénus-Lune-Spica est splendide, car notre satellite se situe à moins de 2° de ses voisines et vous pouvez donc cacher ce trio avec le pouce, bras tendu.

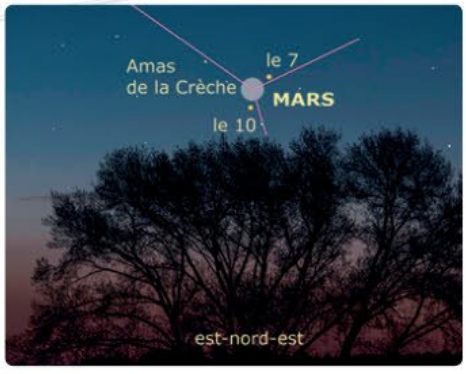
ZODIACALE LA PREMIÈRE QUINZAINE DE SEPTEMBRE, guettez l'apparition de la lumière zodiacale au-dessus de l'horizon est-nord-est avant l'aube. Réflexion de l'éclat solaire sur les myriades de poussières qui orbitent entre les planètes, cette lueur est visible dans les sites préservés de la pollution lumineuse.

JUPITER est de mieux en mieux située pour l'observation. Elle se lève plus de quatre heures et demie avant le Soleil le 1er et près de sept heures avant le 30. Installée dans la belle constellation des Gémeaux, à droite des étoiles Castor et Pollux, cette planète brille superbement dans le ciel nocturne (magnitude –2,2).

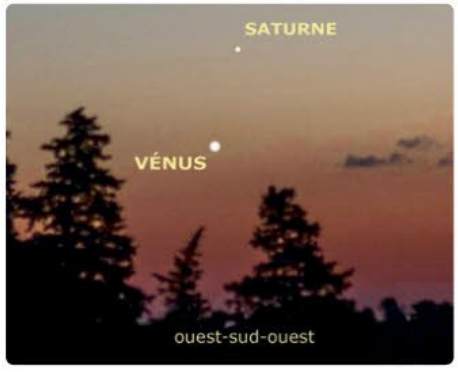
SATURNE se couche deux heures après le Soleil le 1er et seulement une heure et quart après le 30. Elle n'est plus observable qu'à l'œil nu et aux jumelles dans le ciel crépusculaire, juste au-dessus de l'horizon ouest-sud-ouest.

Où est l'ISS ?

LA STATION spatiale internationale est visible à l'œil nu en fin de nuit à partir du 15. Jusqu'à deux passages par jour sont observables en France métropolitaine. Pour obtenir des horaires de passages précis pour n'importe quel point d'observation, consultez ce site : www.leguideduciel.net/on2013/

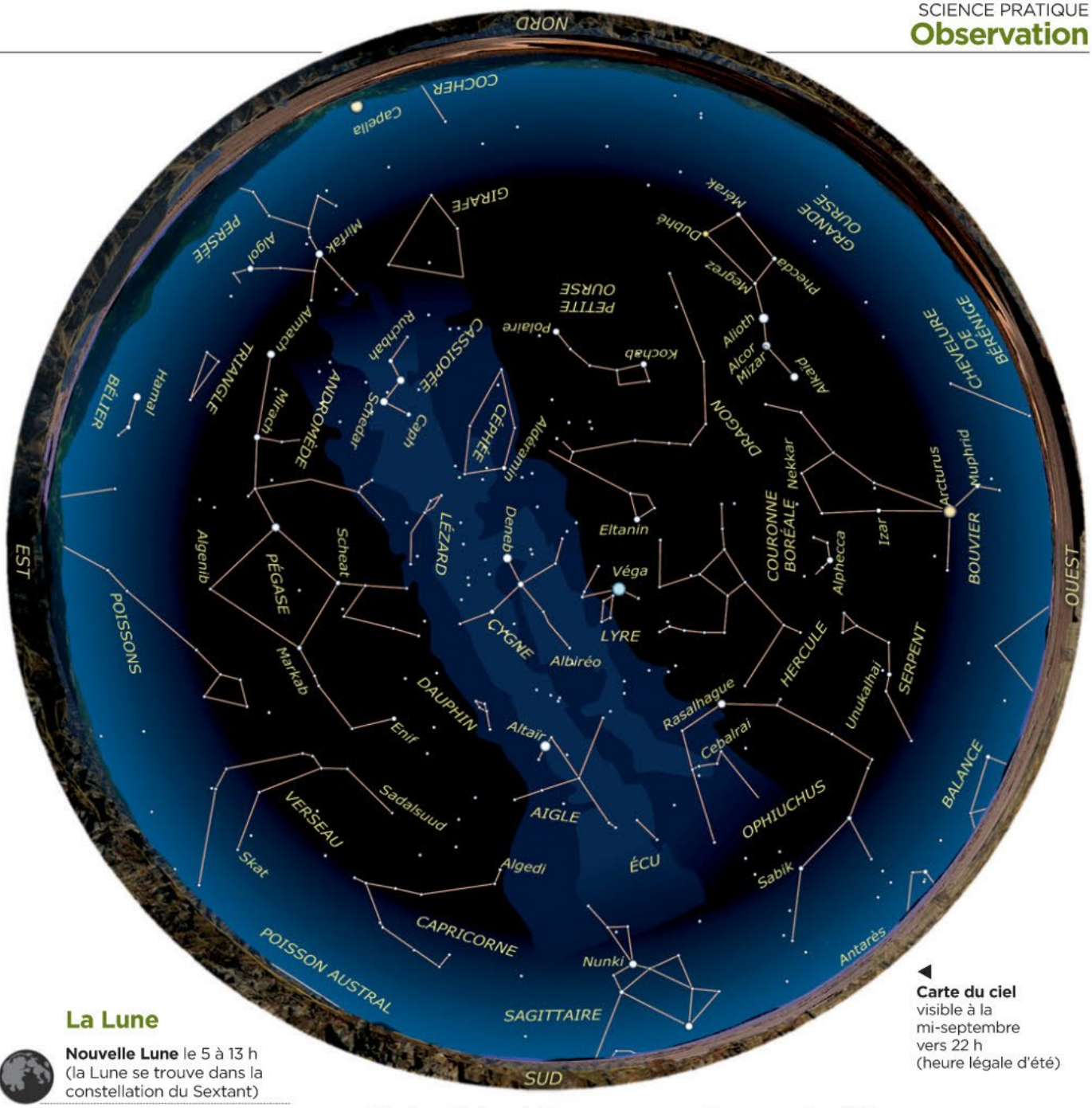


DU 7 AU 10, DEUX HEURES AVANT LE LEVER DU SOLEIL Mars traverse le sud de l'amas ouvert de la Crèche dans le Cancer. Ces astres sont visibles aux jumelles dans un ciel pas trop pollué.



LE 18, UNE HEURE APRÈS LE DÉPART DU SOLEIL Vénus est visible à près de 3,5 degrés au sud de Saturne dans le ciel crépusculaire; elle est cent fois plus brillante que la planète aux anneaux.

LE 28, DEUX HEURES AVANT LE LEVER DU SOLEIL Au lendemain du dernier quartier, Jupiter et un fort croissant lunaire vous attendent dans les Gémeaux, loin au-dessus de l'horizon est-sud-est.



Carte du ciel visible à la mi-septembre vers 22 h (heure légale d'été)

La Lune

Nouvelle Lune le 5 à 13 h (la Lune se trouve dans la constellation du Sextant)

Premier quartier le 12 à 19 h (Ophiuchus)

Pleine Lune le 19 à 13 h (Poissons)

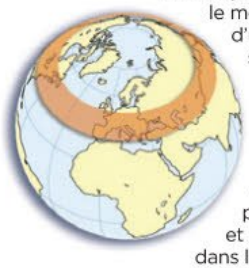
Dernier quartier le 27 à 5 h (Orion)

Le Soleil

(à Paris)	Lever	Coucher
1er septembre	7 h 07	20 h 32
30 septembre	7 h 48	19 h 31

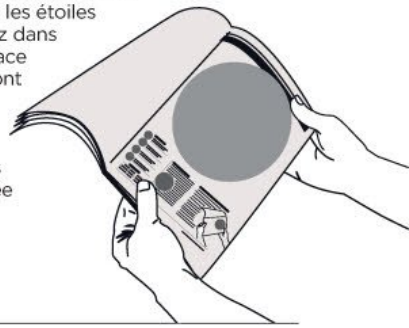
D'où voir le ciel

Notre carte tracée pour une latitude de 45° nord montre le ciel visible en France métropolitaine, et plus largement en Europe et dans le monde, à l'intérieur d'une bande s'étendant de 38 à 52° de latitude nord. L'étoile Polaire sera plus haute dans le ciel si vous êtes à plus de 45° nord, et plus basse dans le cas contraire.



Comment utiliser cette carte

Faites tourner votre magazine sur lui-même, de façon à ce que le nom de la direction dans laquelle vous observez soit écrit à l'endroit. Les constellations et les étoiles que vous retrouverez dans le ciel qui vous fait face sont toutes celles dont le nom est lisible sans trop pencher la tête. La position des planètes visibles à l'œil nu est indiquée pour le 15 du mois.



Tous les instants de cette rubrique sont exprimés en heure légale d'été (temps universel + 2 h)

EXPOSITIONS

Auxerre (89)

Un potager de plâtre
Près d'une centaine de légumes en plâtre, fabriqués au XIXe siècle par l'entreprise Vilmorin-Andrieux pour présenter ses variétés potagères. Dans chaque salle, un légume est mis en valeur pour décrire ses origines, sa domestication, sa sélection, etc.
Muséum, du 14 septembre au 10 novembre.
Rens. : 03.86.72.96.40.

Concarneau (29)

À la rencontre du mystérieux requin pèlerin
C'est l'un des plus grands squales vivant actuellement, et c'est pourtant un paisible mangeur de plancton. Ce poisson osseux qui a été pêché par des navires de Concarneau entre 1940 et 1990 est à l'honneur avec le seul spécimen naturalisé en France.
Marinarium, place de la Croix, jusqu'au 5 janvier 2014.
Rens. : 02.98.50.81.64.

Cran-Gevrier (74)

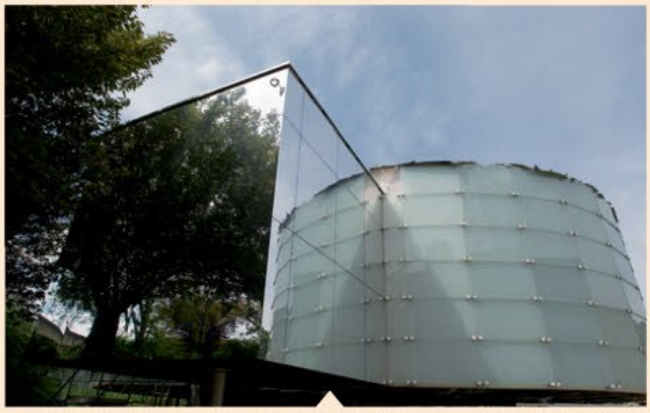
Les doigts dans le cerveau
Sous-titrée « Comprendre le cerveau sans se prendre la tête », cette exposition destinée aux enfants à partir de 7 ans est essentiellement composée d'expériences, de manipulations et de jeux. Elle a été primée en Suisse, où elle a été conçue, par l'Académie des sciences naturelles.
CCSTI La Turbine, 3, rue des Tisserands, du 14 septembre au 30 mars 2014.
Rens. : 04.50.08.17.00.

Le Havre (76)

Safari urbain
Les photographes Franck Deschandol et Philippe Sabine présentent 50 clichés de la faune et de la flore du Havre témoignant de sa riche diversité. Un jeu concours est organisé pour les 7-12 ans.
Jardins de l'Hôtel-de-Ville, jusqu'au 30 septembre.
Rens. : 02.35.41.37.28.

Reims

Un nouveau planétarium



La coupole du planétarium (à droite) peut accueillir 50 spectateurs.

J. DRIOL, COURTESY OF CARL ZEISS

Le projecteur astronomique.

En pleine journée, confortablement assis dans des sièges inclinés, l'obscurité se fait et les étoiles de la nuit à venir apparaissent. L'expérience d'un planétarium reste étonnante. Notamment dans ce nouvel espace de Reims où, sous la coupole de 8 mètres de diamètre, peuvent s'asseoir une cinquantaine de personnes autour d'un projecteur Carl Zeiss de dernière génération. Chacune des 7 000 étoiles visibles par ciel parfaitement dégagé est projetée à l'aide d'une fibre optique dédiée, afin d'observer le ciel du jour, tout comme celui d'il y a 10 000 ans ou encore celui qui surplombera nos descendants dans 10 000 ans. De quoi voir avec un réalisme saisissant les nuits qu'observaient les Égyptiens alors qu'ils construisaient les pyramides. Ou imaginer celles que les générations à venir pourront admirer. Le tout dans un environnement à taille humaine, où une équipe d'animateurs propose trois séances chaque samedi et chaque dimanche, et recevra 500 classes chaque année. Après dix-huit mois de travaux, le planétarium de Reims rouvre donc ses portes dans un nouveau bâtiment fait de métal et de bois, inspiré par la forme du système solaire et entièrement consacré à l'astronomie. La majorité des séances sont animées en direct. Pour Philippe Simonnet, le directeur des lieux : *« Cela nous permet d'être toujours dans l'actualité. Beaucoup de personnes s'informent sur Internet : nous pouvons leur montrer en temps réel l'actualité du ciel, en la remettant dans un cadre scientifique et littéraire. »* À découvrir absolument, que l'on soit néophyte ou astronome aguerri. **M. N.**

Planétarium, 49, Avenue du Général-de-Gaulle, ouverture le 6 septembre. Rens. : 03.26.35.34.70.

Paris / Événement les 14 et 15 septembre

PARTENARIAT SCIENCES AVENIR

Les promesses de l'espace

À l'occasion des Journées européennes du patrimoine, le pôle culturel du Centre national d'études spatiales propose la première rétrospective consacrée aux expositions sur l'espace depuis la fin du XIXe siècle. Qu'elles aient eu lieu en France, aux États-Unis ou en Russie, elles seront partiellement reconstituées avec des pièces historiques et des documents cinématographiques. L'exposition s'organise autour de trois grands axes : « Air et astronautique, la modernité en marche », « Le temps des fusées, l'ère spatiale », « Espace, art, culture et société, habiter l'espace ».

Cnes, 2, place Maurice-Quentin, les 14 et 15 septembre.
Rens. : observatoire.espace@cnes.fr

Montrouge (92)

Rayons X, radioactivité, radioprotection... Quelle histoire !
Des œuvres d'art et des films documentaires pour découvrir l'histoire des rayonnements ionisants, de leurs risques et de leurs usages, ainsi que de la notion de radioprotection. Cette manifestation a été conçue par le Pavillon des sciences de Montbéliard (25).
Centre d'information de l'ASN, 15, rue Louis-Lejeune, jusqu'au 31 décembre.
Rens. : 01.46.16.40.16.

Nancy (54)

Taxidermie, dans les coulisses du Muséum
Un photographe qui suit durant une année entière le travail d'un taxidermiste, c'est la démarche adoptée par le Muséum national d'histoire naturelle pour montrer ce qui se passe dans ses ateliers. Il en reste 20 clichés, signés de l'artiste belge Jacques Vekemans, exposés en plein air, pour laisser glisser un œil dans les coulisses de l'institution.
Muséum-Aquarium, 34, rue Sainte-Catherine, jusqu'au 29 septembre. Rens. : 03.83.32.99.97.

Oyonnax (01)

L'espace du designer ou la naissance de l'objet
La nouvelle exposition du musée du Peigne et de la Plasturgie est consacrée au processus de création d'un objet, depuis sa conception jusqu'à la réalisation d'un prototype.
Centre culturel Aragon, salle Miklos, 88, cours de Verdun, jusqu'au 12 octobre. Rens. : 04.74.81.96.82.

Paris (75)

Mille et une manières de voler
Photographies d'Alain Ernoult retraçant les différentes étapes de la conquête du ciel.
Palais de la découverte, avenue Franklin-Delano-Roosevelt, jusqu'au 29 septembre. Rens. : 01.56.43.20.20.

Poitiers (86)

Le cerveau à tous les âges
Réalisée en collaboration avec plusieurs laboratoires poitevins, cette exposition aborde tous les thèmes ayant trait au cerveau : idées reçues, aspects physiologiques, vieillissement.
Espace Mendès-France, 1, place de la Cathédrale, jusqu'au 5 janvier 2014. Rens. : 05.49.50.33.08.

Toulon (83)

Le bagne portuaire de Toulon
La vie quotidienne des forçats, leur travail, leur imaginaire.
Musée national de la marine, quai de Norfolk, jusqu'au 5 janvier 2014. Rens. : 04.22.42.02.01.

Paris/Exposition

Mécanhumanimal

Créé par Enki Bilal pour désigner son expo-installation au musée des Arts et Métiers, le mot-valise « mécanhumanimal » revisite l'œuvre de l'auteur de *La Foire aux Immortels* et de *La Femme piège*, entre cabinet de curiosités, prospection technologique et dérive onirique. Une centaine de planches originales en sont la toile de fond « rétrofuturiste », avec sa sensualité un rien morbide, sa violence maniériste, son hybridation des corps et des esprits. De quoi satisfaire les fans. Pour les autres, quelques bijoux exhumés des réserves du musée s'insèrent dans le parcours : l'index de la statue de la Liberté issu des ateliers d'Auguste Bartholdi devient un « indexeur de liberté », une carapace de limule un « drone furtif des sables », une panoplie de tourneur un « déverrouilleur de mémoire »... **S. D.**

ENKI BILAL

Musée des Arts et Métiers, 60, rue Réaumur, jusqu'au 5 janvier 2014. Rens. : 01.53.01.82.00.

Dans 13 villes

La Nuit des chercheurs

Impulsée par la Commission européenne, la Nuit des chercheurs connaît sa 8e édition le 27 septembre avec un concept inchangé : rencontrer de façon informelle des chercheurs pour découvrir leur discipline et leur univers de travail. Le thème de cette année sera les « Mondes inconnus ». Une thématique déclinée différemment dans chacune des treize villes partenaires avec la volonté de montrer le chercheur comme un explorateur.

Tout le programme sur www.nuitdeschercheurs-france.eu

CONFÉRENCES

Montauban (82)

Invasions par des espèces introduites : de la théorie à la gestion
Par Julien Steinmetz, chargé de mission à l'Office national de la chasse et de la faune sauvage, et Éric Tabacchi, chercheur au Laboratoire CNRS Écologie fonctionnelle et environnement.
Ancien Collège, salle de conférences, 2, rue du Collège, le 11 septembre à 19 h 30. Rens. : 05.63.22.12.00.

Paris (75)

Anthologie de textes littéraires sur le Jardin des Plantes
Par Philippe Taquet, président de l'Académie des sciences, ancien directeur du Muséum.
Grande Galerie de l'évolution, auditorium, le 14 septembre à 16 h. Rens. : 01.40.79.30.00.

Hypothèses sur les origines de la vie
Conférences et débats autour de deux grands thèmes : « De la chimie avant la vie aux premières cellules et l'invention des acteurs chimiques de la vie » et « L'évolution 150 ans après Darwin et le rôle des cataclysmes dans l'apparition et la disparition de la vie : une succession d'événements ».
Institut de France, 23, quai de Conti, les 16 et 17 septembre (inscriptions jusqu'au 12). Rens. : colloques@academie-sciences.fr Programme complet sur http://sciav.fr/14jDkKO

Le diesel fait de la résistance
Par Isabella Annesi-Maesano, épidémiologue à l'Inserm, Gilles Aymoz, de l'Ademe, Nicolas Jeuland, de l'IFP Énergies nouvelles et Richard Lavergne, du Comité pour la fiscalité énergétique.
Musée des Arts et Métiers, salle de conférences, 60, rue Réaumur, le 19 septembre à 18 h 30. Rens. : 01.53.01.82.70.

Rennes (35)

Les espèces envahissantes : un réel danger pour la biodiversité
Par Jean-Claude Lefeuvre, biologiste, professeur émérite au Muséum et ancien président de l'Institut français de la biodiversité.
Les Champs Libres, salle Hubert-Curien, 10, cours des Alliés, le 17 septembre à 20 h 30. Rens. : 02.23.40.66.40.

Et aussi

La nuit des origines
La grande saga de l'organisation de la matière en structures toujours plus complexes, depuis le Big Bang jusqu'aux humains. Prix Nobel et autres scientifiques de renom relateront l'épopée de la rencontre de l'infiniment petit et de l'infiniment grand pour percer les mystères de l'Univers. Une manifestation populaire et artistique qui se déroulera à Paris et qui sera retransmise en direct sur le Web.
Unesco, salle 1, le 27 septembre à 18 h 30. www.origins2013.eu/paris/

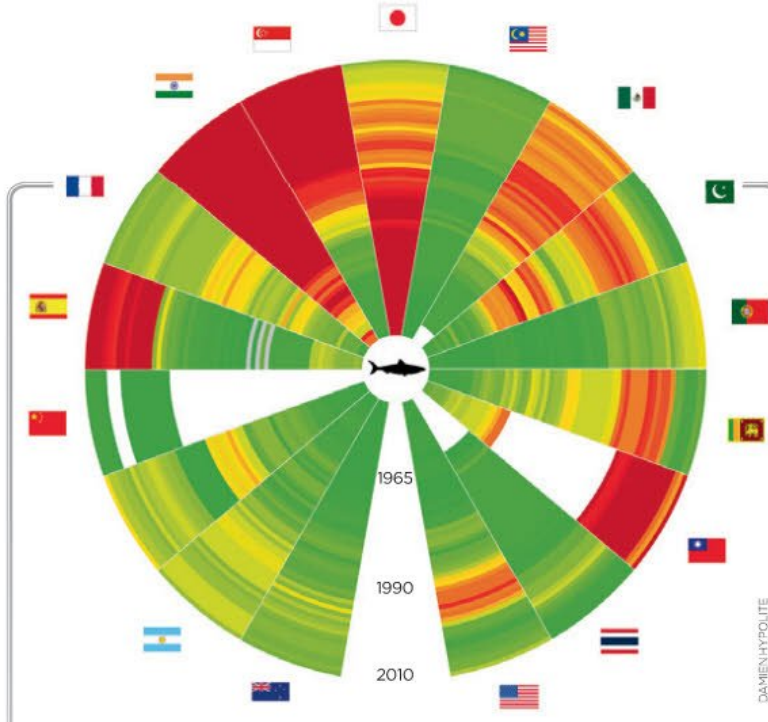
L'INFO SCIENTIFIQUE EN CONTINU
sciencesetavenir.fr
DISPONIBLE SUR IPHONE/ IPAD, ANDROID ET TOUS LES SMARTPHONES

TENDANCE 2.0

Quand on est fan de *Star Wars*, on l'est même en vacances. Ainsi, l'un des articles les plus lus en août concernait la véritable Étoile noire. Comprenez que la Nasa a pris un nouveau cliché de Mimas (photo), une

NASA/JPL-CALTECH/SPACE SCIENCE INSTITUTE

lune de Saturne sosie de la base spatiale de Dark Vador : le cratère qui orne l'hémisphère nord du satellite saturnien ressemble furieusement à celui d'où sort le rayon mortel de l'Empire (sciav.fr/1aWYrav). Autre résonance entre l'actu des sciences et la mythologie « lucassienne » : les décors construits dans le désert tunisien pour le tournage de l'*Épisode 1* servent désormais de marqueurs à l'avancée des dunes vue de l'espace (sciav.fr/131bHcw)! **O. L.**



DAMIEN HYPOLITE

50 ans de pêche aux requins

INFOGRAPHIE. Selon la FAO, l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture de l'ONU, 100 millions de requins sont tués chaque année dans le monde. Quels sont les pays prédateurs? Ceux qui relâchent leur pression sur l'animal? En compilant 50 années de données justement fournies par la FAO, *S. et A.* vous propose de retrouver cette information sous la forme d'une « visual data » inédite, une rosace où l'intensité de la pêche au squale va du vert au rouge.
sciav.fr/13H9E96

LES ARTICLES LES PLUS LUS

LE DIABÈTE GESTATIONNEL

Santé. Un bébé pesant 6,11 kilos est né le 30 juillet en Allemagne. Ce poids hors norme peut être la conséquence d'un diabète gestationnel. Zoom sur cette maladie.
sciav.fr/144THhj

CHUTE DE DÉBRIS DE FUSÉE AU ZIMBABWE

Espace. Les trois gros morceaux pourraient appartenir à la fusée américaine Delta, qui a mis sur orbite le satellite de télécommunications Symphonie 2... en 1975!
sciav.fr/1aWkLkO

DES ASTICOTS DANS L'OREILLE

Insolite. Le conduit auditif d'une touriste britannique a été parasité par des larves de mouches pendant un voyage au Pérou. Gore.
sciav.fr/1bJ5wi0

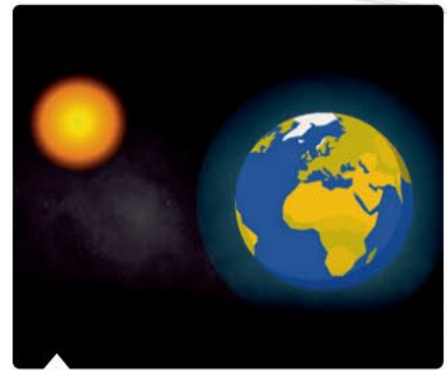
RETROUVEZ-NOUS SUR LES RÉSEAUX SOCIAUX

AP/SIPA

PHOTO. CANICULE CHINOISE
Ce fut l'été le plus chaud à Shanghai depuis 140 ans. Dans la mégalopole la plus peuplée de Chine, les habitants ont pris d'assaut des piscines surpeuplées.

OLIVIER LASCAR

DESSIN SUR LE BLOG sciav.fr/116HLuq



DAMIEN HYPOLITE

INFOGRAPHIE. POURQUOI LE CIEL EST-IL BLEU?
Notre infographie montre que c'est une question de lumière blanche, de longueur d'onde et d'atmosphère. sciav.fr/1aRuJ9n

DÉJÀ PLUS DE 135 000 SPECTATEURS !

« UN DOCUMENTAIRE PROFONDÉMENT HUMANISTE »
LE MONDE

« REMARQUABLE : ON VOLE AVEC LES ABEILLES »
LIBÉRATION

« DES IMAGES MAGNIFIQUES »
PREMIÈRE

« SOMPTUEUX »
LE FIGARO MAGAZINE

« À VOIR ABSOLUMENT »
FRANCE INTER

avec la voix de
CHARLES BERLING

JAMAIS LES ABEILLES N'ONT ÉTÉ FILMÉES D'AUSSI PRÈS

LE 3 SEPTEMBRE

EN DVD, BLU-RAY ET VOD AVEC univers|ciné

Retrouvez l'ensemble de notre catalogue sur www.jour2fete.com

jour 2 fête · Zéro de conduite .net · apiterra www.apiterra.com · Dr. Hauschka · Quotidien · Paris Mômes · Vocable · terraeco · Sciences Avenir · Le Monde

SIMPLY CLEVER

ŠKODA

- Détecteur de fatigue(4)
- À partir de 109 g CO_2/km et 4,2 l/100 km(5)
- Espace aux jambes à l'arrière de 1m57

IL Y A TOUJOURS QUELQU'UN DE BIEN DANS UNE ŠKODA.

(1) Location longue durée sur 48 mois. 1er loyer 2 234 € et 47 loyers de 289 €. Offre valable du 01/07/2013 au 31/08/2013. Exemple pour une nouvelle Superb berline Active 1.6 TDi 105 ch en location longue durée sur 48 mois et pour 60 000 km maximum, hors assurances facultatives. Aide à la remise de 3 500 € TTC et aide à la reprise de 1 000 € TTC (conditions générales Argus™) déduites du tarif au 27/05/2013. Offre réservée aux particuliers chez tous les Distributeurs présentant ce financement, sous réserve d'acceptation du dossier par Volkswagen Bank GmbH – SARL de droit allemand – Capital 318 279 200 € - Succursale France : Paris Nord 2 - 22 avenue des Nations 93420 Villepinte - RCS Bobigny 451 618 904 – ORIAS : 08 040 267 (www.orias.fr). Modèle présenté : Nouvelle Superb Combi Elégance 2.0 TDi 140 GreenTec BVM6, avec options park assist et toit ouvrant panoramique. Aide à la remise de 3 500 € TTC et aide à la reprise de 1 000 € TTC (conditions générales Argus™) déduites du tarif au 27/05/2013 : 1er loyer de 3 291 € suivi de 47 loyers de 435 €. (2) Garantie additionnelle de deux ans obligatoire souscrite auprès d'Opteven Assurances, Société d'assurance et d'assistance au capital de 5 335 715 € - Siège social : 35-37, rue L. Guérin, 69100 Villeurbanne. RCS Lyon n° 379 954 886 régie par le Code des assurances et soumises au contrôle de l'ACP (Autorité de Contrôle Prudentiel). (3) Forfait Service Entretien obligatoire souscrit auprès d'Opteven Services, SA au capital de 365 878 € - RCS Lyon B 333 375 426 siège social : 35-37, rue L. Guérin – 69100 Villeurbanne. (4) En option. (5) Sur Berline 1,6 L TDi 105 ch Greenline. * Voir conditions auprès de votre Distributeur. Simply Clever : Simplement Évident. Volkswagen Group France - Division ŠKODA - 02600 Villers-Cotterêts - RCS Soissons B 602 025 538. Publicité diffusée par le concessionnaire en qualité d'intermédiaire de crédit, à titre non exclusif, de Volkswagen Bank.

ŠKODA recommande **Castrol EDGE Professional.** www.skoda.fr

Consommation mixte de la Superb Combi 2.0 TDi 140 GreenTec BVM6 : 4,6. Émissions de CO_2 (g/Km) : 121.
Consommations mixtes de la gamme Superb (l/100 km) : 4,2 à 9,4. Émissions de CO_2 (g/km) : 109 à 217.

Assistance 24h/24 pendant 7 ans*	215 Points Service ŠKODA partout en France	Renseignements : 0 969 390 904 (appel non surtaxé)